UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

ANNÉE 1957 - N° 204

LE SENS CHROMATIQUE DANS LA MARINE

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement le lundi 2 décembre 1957

PAR

Michel HEBERT

Elève de l'Ecole Principale du Service de Santé de la Marine
et de la France d'Outre-Mer
Diplômé de Médecine Tropicale

né le 21 mars 1930, à Toulon (Var)

Examinateurs de la Thèse — Juges

MM. BESSIERE, professeur, Président
LAUMONIER, professeur
CORCELLE, agrégé
FREOUR, agrégé

BORDEAUX

UNION FRANÇAISE D'IMPRESSION
185, Cours de la Marne

1957

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543917_0068

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

ANNÉE 1957 - N° 204

LE SENS CHROMATIQUE DANS LA MARINE

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement le lundi 2 décembre 1957

PAR

Michel HEBERT

Elève de l'Ecole Principale du Service de Santé de la Marine
et de la France d'Outre-Mer
Diplômé de Médecine Tropicale

né le 21 mars 1930, à Toulon (Var)

R. UNIV
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Examinateurs de la Thèse / Juges

MM. BESSIERE, professeur, Président
LAUMONIER, professeur
CORCELLE, agrégé
FREOUR, agrégé

BORDEAUX

UNION FRANÇAISE D'IMPRESSION
185, Cours de la Marne

1957

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

DOYENS HONORAIRES : MM. DUPÉRIÉ, CHELLE, G. PORTMANN

DOYEN : M. SIGALAS. — **ASSESSEUR** : M. TAYEAU

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. A. MANDOUL, ANDÉRODIAS, ROCHER, LANDE, DUVERGEY, CARLES, LEURET, CHARRIER, DUBREUIL, CRUCHET, PERRENS, BEAUVIEUX, CREYX, MAURIAC, BONNIN, GOLSE

PROFESSEURS

	MM.		MM.
Clinique d'oto-rhino-laryngologie	G. PORTMANN	Chimie	P. MESNARD
Clinique chirurgicale	F. PAPIN	Anatomie	R. DUFOUR
Zoologie et parasitologie.	R. SIGALAS	Clinique médicale	P. BROUSTET
Clinique médicale et des maladies infectieuses	E. AUBERTIN	Clinique gynécologique	J. MAGENDIE
Clinique odonto-stomatologique	X. J. DUBECQ	Chimie biologique et médicale	F. TAYEAU
Pharmacie	G. VITTE	Anatomie générale et histologie	G. MAYER
Physiologie	R. FABRE	Physique pharmac. (T.P.)	P. BLANQUET
Clinique des maladies nerveuses et mentales	DELMAS-MARSALET	Pathologie générale et expérimentale	R. SARIC
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	C. JOULIA	Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	L. POUYANNE
Clinique d'accouchements.	M. RIVIERE	Hydrologie thérapeut. et climatologie	J.-J. DUBARRY
Clinique médicale	R. de GRAILLY	Thérapeutique	F.-J. TRAISSAC
Clinique des maladies des voies urinaires.	R. DARGET	Immunologie (T. P.)	R. PAUTRIZEL
Médecine légale et médecine du travail	P. DERVILLEE	Bactériologie	MOUSTARDIER
Clinique médicale des maladies des enfants.	A. FONTAN	Carcinologie	A. LACHAPELE
Hygiène et Clinique de la tuberculose	F. PIECHAUD	Hydrologie pharm. (T.P.)	CAZAUX
Physique médicale et pharmaceutique	C. PIFFAULT	Clinique ophtalmologique.	E. BESSIERE
Toxicologie et hygiène appliquée	R. CASTAGNOU	Anatomie pathologique et microscopie clinique	H. LEGER
Electroradiologie et Clinique d'électricité médicale	J. REBOUL	Matière médicale	MASQUELIER
Clinique chirurgicale	L. MASSE	Médecine et hygiène tropicales et Clinique des maladies exotiques	G. MORETTI
Botanique et cryptogamie.	R. GIRARD	Path. et clinique chirur.	LAUMONIER
		Pathologie médicale	LENG-LEVY

PROFESSEURS SANS CHAIRE

MM. MAHON (Obstétrique),
Mlle ROUGIER (Physiologie), M. DESPONS (Oto-rhino-laryngologie).

MAITRES DE CONFÉRENCES AGRÉGÉS

	MM.		MM.
Pharmacie (1re section)	R. GOLSE	Pharmacie (2e section)	R. QUILICHINI
Anatomie	F. RIGAUD	Histologie	R. STOLL
Biochimie médicale	E. NEUZIL	Anatomie	H. CABANIE
Pathologie expérimentale	J. FAURE	Physique médicale	J. DUHAMEL
		Pharmacie (1re section)	P. ROMAIN

CHARGÉS DES FONCTIONS DE MAITRE DE CONFÉRENCES AGRÉGÉS :

MM. J. MARQUEVIELLE (Biochimie médicale); J. BIRABEN (Anatomie pathologique)

AGRÉGÉS EN EXERCICE

	MM.		MM.
Dermatologie et syphiligraphie	LE COULANT	Médecine générale	LAVIGNOLLE
Médecine générale	BERGOUIGNAN	Obstétrique	G. FAUGERE
Chirurgie générale	J. CHAVANNAZ	Odonto-stomatologie	P. BENOIT
Pédiatrie et puériculture	P. VERGER	Médecine générale	MARTIN-DUPONT
Urologie	J. LANGE	Médecine générale	DAVID-CHAUSSE
Obstétrique	CHASTRUSSE	Médecine générale	J. RIVIERE
Médecine légale et médecine du travail	P. L'EPEE	Chirurgie générale	DARMAILLACQ
Chirurgie générale	J. VILLAR	Ophtalmologie	L. CORCELLE
Chirurgie générale	R. TINGAUD	Oto-rhino-laryngologie	M. PORTMANN
Chirurgie générale	DEPAULIS	Pneumo-phtisiologie	P. FREOUR
		Neurologie et psychiatrie	M. BLANC

COURS COMPLÉMENTAIRES

	MM.		MM.
Obstétrique sociale	MAHON	Zoologie pharmaceutique	BAILENGER
Oto-rhino-laryngologie	DESPONS	Physiologie	Mme LINQUETTE
Accouchements	CHASTRUSSE, FAUGERE	Toxicologie et Hygiène	Mlle LARCEBAU
Puériculture	VERGER, PERY	Phytopharmacie	CORTESI
Législation pharmaceutique	COUSTAU	Droit médical international	AUBY
Cryptogamie	LAUBIE	Médecine légale	L'EPEE
Organographie et physiologie végétale	TEMPERE	Séméiologie médicale	J. RIVIERE
Chimie biologique	NIVET	Séméiologie chirurgicale	DEPAULIS
Chimie analytique	BABIN	Bactériologie	DULONG DE ROSNAY
Pathologie chirurgicale	VILLAR, CHAVANNAZ, TINGAUD, LAPORTE	Embryologie	STOLL
		Pathologie médicale	BERGOUIGNAN, LAVIGNOLLE

Le Secrétaire principal de la Faculté : GAYRAUD

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ne leur donner ni approbation ni improbation.

A MA MERE

A MON PERE

A MON ONCLE

A TOUS LES MIENS

A MES CAMARADES
DE L'ECOLE DE SANTE NAVALE

A MES PROFESSEURS
DE L'ECOLE PRINCIPALE DU SERVICE DE SANTE
DE LA MARINE ET DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

A MES MAITRES DE LA FACULTE DE MEDECINE
ET DES HOPITAUX DE BORDEAUX

AU SERVICE D'OPHTALMOLOGIE
DE L'HOPITAL MARITIME DE TOULON

A MONSIEUR LE MEDECIN EN CHEF
DE DEUXIEME CLASSE MONTAUFFIER

Professeur agrégé des Ecoles de Médecine Navale
Médecin-chef du Service d'Ophtalmologie
de l'Hôpital Maritime de Toulon
Spécialiste des Hôpitaux
Chevalier de la Légion d'Honneur
Croix de Guerre 1939-1945
Chevalier des Palmes Académiues

Il nous a inspiré le sujet de cette thèse, et nous a toujours accueilli avec bienveillance dans son service.

Nous l'assurons ici de notre sincère reconnaissance.

A MONSIEUR LE MEDECIN DE PREMIERE CLASSE

R I U

Assistant des Hôpitaux Maritimes

qui nous guida dans l'élaboration de ce travail. Nous le prions de trouver ici l'expression de toute notre reconnaissance.

A MONSIEUR LE MEDECIN-GENERAL LE BRETON

Directeur de l'Ecole Principale
du Service de Santé de la Marine et de la France d'Outre-Mer
Commandeur de la Légion d'Honneur
Croix de Guerre 1939-1945
Croix de Guerre T.O.E.
Chevalier des Palmes Académiques

A MONSIEUR LE MEDECIN EN CHEF DE 2e CLASSE
F U C H S

Sous-Directeur de l'Ecole Principale
du Service de Santé de la Marine et de la France d'Outre-Mer
Officier de la Légion d'Honneur
Croix de Guerre T.O.E.

A NOS JUGES :

MONSIEUR LE DOCTEUR P. FREOUR

Agrégé de Pneumo-Phtisiologie
Médecin Phtisiologue des Hôpitaux

MONSIEUR LE DOCTEUR L. CORCELLE

Agrégé d'Ophtalmologie
Ophtalmologiste des Hôpitaux
Chevalier de la Légion d'Honneur
Croix de Guerre 1939-1945
Médaille de la Reconnaissance Française

MONSIEUR LE PROFESSEUR P. LAUMONIER

Professeur de Pathologie et de Technique chirurgicales
Chirurgien des Hôpitaux
Officier des Palmes Académiques
Chevalier dans l'Ordre de la Santé Publique

A NOTRE PRESIDENT DE THESE :

MONSIEUR LE PROFESSEUR E. BESSIERE

Professeur de Clinique Ophtalmologique
Ophtalmologiste des Hôpitaux
Officier des Palmes Académiques

En témoignage de respectueuse admiration et de reconnaissance pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de présider notre jury de thèse.

INTRODUCTION

Depuis quelques années, des résultats discordants ont été constatés au cours d'examens du sens chromatique. Les conclusions différaient souvent de centre à centre, lesquels jugeaient cependant le sens chromatique sur les mêmes bases et avec les mêmes appareils.

Ces quelques divergences dans l'interprétation des résultats ne suffisent pas à jeter le discrédit sur les méthodes de détermination du sens chromatique utilisées dans la marine. Ces méthodes d'examen, si elles ont permis de rejeter du sein de la Marine Nationale un certain nombre de candidats douteux, ne portent la responsabilité d'aucune catastrophe maritime due à une confusion de signaux colorés.

Ce problème de la perception des couleurs est extrêmement complexe. Chaque pays, chaque collectivité a essayé de résoudre cette question suivant une méthode paraissant la mieux adaptée à la collectivité responsable.

Récemment, une tentative de codification internationale a été tentée. Lors de la réunion de mai 1953, de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale, aucun examen international spécial n'était accepté ; seules étaient mentionnées les recommandations suivantes :

« Chaque état contractant emploiera les méthodes d'examen propres à garantir une vérification convenable des conditions de perception des couleurs.

6-4-1. — *Conditions de perception des couleurs n° 1.*

« Le candidat devra montrer qu'il est capable d'identifier immédiatement les couleurs utilisées en aéronautique qu'il doit percevoir afin d'accomplir ses fonctions avec sûreté.

6-4-1-1. — *Recommandations.*

« Les candidats capables de passer une épreuve correcte avec les tables isochromatiques éclairées en lumière du jour ou en lumière artificielle de même température de couleur sont jugés aptes et n'ont pas à subir d'autres épreuves. Toutefois, le candidat commettant des erreurs lors de l'épreuve précitée est néanmoins jugé apte, à condition d'identifier correctement les lumières de couleur utilisées en aéronautique, émises au moyen d'une lanterne reconnue propre à vérifier la perception des couleurs. »

Or, depuis longtemps dans la marine, on avait noté des divergences entre les résultats obtenus aux épreuves pratiques et ceux des épreuves théoriques. C'est pourquoi le médecin-chef du Service d'ophtalmologie de l'hôpital maritime de Toulon nous demanda de faire une étude comparative des résultats obtenus, d'une part avec les tests théoriques (équation de Rayleigh, tables pseudo-isochromatiques, dichtomous test de Farnsworth), d'autre part avec les tests pratiques (lanternes chromoptométriques) en service dans la marine (1).

Dans une première partie, nous envisagerons une étude historique des travaux effectués dans les diverses marines mon-

(1) Par tests théoriques, nous désignons les procédés soit de laboratoire (anomaloscope), soit de dépistage des anomalies du sens chromatique (tables pseudo-isochromatiques, dichotomous-test de Farnsworth) et par tests pratiques, les procédés de sélection ayant un but d'aptitude professionnelle (lanternes marine, aviation, chemin de fer)

diales et dans l'aviation au sujet de la détermination du sens chromatique, et un bref rappel physiologique de la vision des couleurs.

Dans une deuxième partie, nous étudierons comparativement les résultats obtenus d'une part avec les tests pratiques, d'autre part avec les tests théoriques.

PREMIERE PARTIE

SENS CHROMATIQUE ET MARINE

En 1794, Dalton rapporte à la Société Littéraire et Philosophique de Manchester l'anomalie de la vision des couleurs dont il est atteint. C'est ainsi que se trouve décrite, pour la première fois, une anomalie du sens chromatique ; par la suite, personne ne semble s'intéresser particulièrement aux défectuosités de la perception des couleurs. Il faut attendre Seebeck qui, en 1837, met au point une technique d'examen clinique du sens chromatique à l'aide de rubans colorés. Dès cette époque, et au cours des années suivantes, le développement des moyens de communication et particulièrement des chemins de fer, amène les compagnies ferroviaires à s'intéresser à la question de la détermination du sens chromatique de leurs employés. C'est ainsi qu'en 1873 les travaux de G. Willson amènent une compagnie de chemins de fer britannique à faire examiner systématiquement le sens chromatique de ses agents ; un an plus tard, en 1874, Favre obtient que la même mesure soit appliquée aux agents du réseau P.L.M. Mais, jusque là, rien de particulier n'a été encore pratiquement fait du côté marine.

C'est alors que survient, en 1875, la dramatique collision, près de Norfolk, entre les vapeurs *Isaac Bell* et *Lumbermann*.

Au cours de l'enquête, un examen du sens chromatique révèle que le capitaine de ce dernier bâtiment était daltonien et avait confondu les feux.

Holmgreen publie alors son mémoire « De la cécité des couleurs dans ses rapports avec les chemins de fer et la marine ». Cette publication entraîne alors une généralisation rapide de la technique d'examen de dépistage des anomalies du sens chromatique par la méthode des laines colorées. Environ à la même époque, Stilling, avec l'aide d'un peintre daltonien et d'un instituteur tritanope, réalise les premières tables pseudo-isochromatiques : les « Stilling-tests ». Pour des raisons de commodités d'emploi, les marines française et britannique adoptent alors les laines de Holmgreen comme moyen d'étude de la vision des couleurs.

Quelques années plus tard, le médecin de la marine française Féris publie son mémoire sur « Le daltonisme dans ses rapports avec la navigation » et attire l'attention sur la nécessité de réaliser une épreuve professionnelle se rapprochant autant que possible des conditions de visibilité réelle des feux de signalisation. Le docteur Le Méhauté, reprenant les travaux de Féris, met au point son chromatoscope, dont le but est de réaliser une épreuve professionnelle aussi exacte que possible. Parallèlement, en Grande-Bretagne, Edridge Green poursuivait des recherches dans le même sens et réalisait, pour la marine britannique, une lanterne chromoptométrique qui, quoique différente du chromatoscope de Le Méhauté, répondait au même but et obéissait aux mêmes principes.

Donc, déjà, à la fin du siècle dernier, les marins avaient constaté que l'épreuve aux laines de Holmgreen ou aux divers tests utilisés alors ne donnaient pas entière satisfaction quant aux performances demandées à un marin. En effet, pour le veilleur de passerelle, seule importe une reconnaissance correcte des feux de route et de mouillage.

Dès 1908, Le Méhauté codifie définitivement l'emploi de sa lanterne chromoptométrique. Celle-ci a pour objet de s'assurer rapidement que le sujet examiné est apte à distinguer, à longue distance, les feux colorés des signaux de nuit. En outre, cette lanterne fait apparaître, pour la première fois, la notion « d'acuité chromatique » : en effet, l'une des épreuves est basée sur le fait que toute personne qui, à 5 mètres, reconnaît les feux de 0,6 mm de diamètre, possède une acuité chromatique suffisante pour identifier avec certitude les feux de route à 2 000 mètres. Les seules couleurs utilisées dans cette lanterne sont celles des signaux de nuit : rouge, vert et blanc.

On pratique successivement deux épreuves :

— Une épreuve dite « des trois feux punctuels », pratiquée à 5 mètres, destinée à la détermination de l'acuité chromatique après réfraction et correction optique de la personne testée ;

— Une épreuve dite « de confusion », pratiquée à 2,50 m, au cours de laquelle on présente successivement au sujet huit disques de un centimètre de diamètre.

Dans le but de déceler plus facilement le daltonisme, on a choisi pour le vert et le rouge deux degrés différents de saturation et accouplé, dans un même disque, un rouge clair et un rouge foncé, un vert clair et un vert foncé dans un autre disque. On sait, en effet, qu'un verre coloré a d'autant moins d'éclat lumineux que sa couleur est plus saturée. Or, les daltoniens ne peuvent distinguer le rouge du vert que par les différences de leurs éclats lumineux : le rouge, par exemple, leur paraîtra plus clair que le vert ou inversement. Si donc on leur présente simultanément deux rouges de saturation différente, ils ne verront que la différence d'éclat lumineux et nommeront vert le rouge le plus foncé ou inversement ; d'autre part, si on leur montre, en même temps, un vert clair et un rouge foncé, ou inversement, leur embarras est grand car les deux couleurs leur paraîtront de même éclat lumineux. Leur hésitation seule est une preuve de la viciation de leur sens chromatique.

A cette époque, l'*Instruction sur l'aptitude physique au service de la Flotte* du 15 décembre 1908 prévoit que l'examen du sens chromatique aura lieu avec les laines de Holmgreen ou l'appareil chromoptométrique du docteur Le Méhauté, sans tenir compte des divers procédés utilisés auparavant :

— Chromoptométre de Collardeau et Izarn ;
— Echelles de cartons de couleurs de l'armée ;
— Disque de Maxwell ;
— Echelles de Masselon, de Parinaud, etc. ;
— Echelles colorées de Daae ;

que l'on trouvait encore en service dans quelques unités.

Le règlement prévoyait que les candidats à certaines spécialités (timonier, canonnier, etc.) devaient être « exempts de daltonisme ». Par ce mot, le règlement entend toute altération du sens chromatique, alors qu'en fait, il a une signification beaucoup plus restreinte. Le médecin de la marine Viguier attire donc, en 1909, l'attention sur l'intérêt qu'il y a de vérifier l'intégrité totale du sens chromatique. Viguier précise bien les conditions d'emploi des laines de Holmgreen et insiste sur la nécessité de toujours pratiquer une vérification des résultats obtenus en faisant recommencer l'épreuve dans des conditions différentes, de façon à éliminer les fautes par étourderie, distraction ou défaut d'éducation. Il insiste également beaucoup sur l'importance de l'épreuve aux laines de confusion de Holmgreen.

Or, cette dernière épreuve est souvent difficile à interpréter, aussi, dans les cas douteux et même réglementairement dans certains cas (Ecole Navale, élèves officiers) devra-t-on avoir recours à la lanterne de Le Méhauté, sous réserve que l'intéressé n'en connaîtra pas les diverses couleurs et surtout n'aura pas été entraîné aux diverses épreuves. On voit déjà apparaître ici la nécessité de pratiquer les deux méthodes d'examen et non plus l'une ou l'autre.

On a insisté également sur la mesure quantitative du sens chromatique, celle-ci n'étant alors recherchée dans la marine, que dans deux cas :

— Candidats à l'Ecole Navale, où elle est déterminée avec l'appareil de Le Méhauté ;

— Candidats pilotes et patrons-pilotes où elle est déterminée avec les optotypes colorés de Maurel (1).

Il serait bon, selon Viguier, de mesurer l'acuité chromatique des gabiers, timoniers, torpilleurs, élèves de l'Ecole d'hydrographie avec l'appareil de Le Méhauté, ce qui donnerait un contrôle sérieux de leur sens lumineux et de leur sens chromatique. On aura ainsi la certitude que tout candidat qui, à cinq mètres, reconnaît les feux colorés de 0,6 mm de diamètre au chromatoscope, possède une acuité suffisante pour identifier les feux de route d'un bâtiment à 2 000 mètres.

Viguier propose, de même, pour les patrons-pilotes et les pilotes, de remplacer les optotypes de Maurel par l'appareil de Le Méhauté, en exigeant d'eux qu'ils voient les lettres de l'acuité visuelle normale et les feux colorés à sept mètres.

En conclusion de son article (2) Viguier insiste sur la rareté des dyschromatopsies découvertes en cours de service. Lui-même, en dix-huit mois de service à la Clinique spéciale de l'Ecole d'Application du Service de Santé de la Marine, n'en

---

(1) Les optotypes colorés de Maurel sont constitués par de petits carrés de cartons colorés, agencés pour former des mosaïques diverses qui doivent être reconnues par le candidat à 13 mètres de distance, en plein air, sur le pont du bâtiment-école de pilotage. Les quatre couleurs adoptées sont le vert, le rouge, le jaune et le bleu, mais la teinte n'est pas officiellement fixée. De plus, ces optotypes, colorés au lavis, s'altèrent à la longue : le rouge, le jaune et le bleu ressortent mal sur le fond blanc-gris du carton.

(2) Viguier : Remarque sur la façon d'examiner le sens chromatique au point de vue du service dans la marine. Archives de Médecine navale, 1909, 92, pp. 81 à 95.

a observé que trois cas et le médecin-chef de deuxième classe Bonadena, du 5e Dépôt des Equipages de la Flotte, en estime le nombre à un par an pour cette division.

C'est en 1917 qu'apparaissent les premières tables d'Ishihara, dérivant des « Stilling-tests ». Ces tables ne vont pas tarder à se perfectionner d'édition en édition, si bien que quelques années plus tard la marine française va les adopter à la place des laines de Holmgreen. Le sens chromatique sera alors étudié à l'aide de deux épreuves pratiquées successivement :

— Tests d'Ishihara ;

— Chromoptomètre de Le Méhauté.

A peu près à la même époque, la marine britannique adopte également les tests d'Ishihara mais conserve toujours la lanterne d'Edridge Green qui ne sera remplacée que plus tard par la lanterne de Gilles Archer standard, présentant également un système à deux feux.

Nous voyons donc que, malgré l'évolution et les perfectionnements des techniques d'examens, les diverses marines restent fidèles aux épreuves à la lanterne, plaçant les candidats dans les conditions de la veille en mer. L'aviation, alors en plein essor, bénéficie des travaux accomplis par les marins. Mais, utilisant une signalisation différente et plus complexe, elle adopte outre les tests d'Ishihara, la lanterne de Gilles Archer, modèle aviation, qui ne présente plus qu'un seul feu coloré à la fois. C'est cette lanterne qui sera adoptée plus tard pour l'examen du sens chromatique des candidats à l'aéronautique navale. La marine américaine, elle, se contente d'examiner son personnel à l'aide des tests d'Ishihara et ne possède pas d'épreuves réglementaires avec une lanterne.

Entre les deux guerres mondiales, on ne note pas de changements dans les procédés d'examen de la vision des couleurs

si ce n'est que la marine britannique, renonçant à la lanterne de Gilles Archer, adopte la lanterne de Martin, tandis que la marine américaine utilise également une épreuve professionnelle qui est basée sur l'emploi de la lanterne de Farnsworth.

Nous voyons donc ainsi les deux dernières grandes marines mondiales adopter aussi cette épreuve professionnelle. Il est curieux de remarquer que si les appareils diffèrent d'une nation à l'autre, l'idée directrice est toujours la même, à savoir : mettre le candidat dans les conditions d'observation des feux de route.

Mais, en France, l'appareil de Le Méhauté n'étant plus fabriqué, il devenait difficile de remettre en état les exemplaires avariés. C'est alors que le médecin-général Beyne réalisait une autre lanterne chromoptométrique à feu central unique et présentant en outre trois combinaisons de deux feux colorés simultanés. Celle-ci était expérimentée au Centre médical de la Marine à Paris par le médecin de première classe de la marine Riu. Actuellement, les instructions officielles portent que, dans la marine, l'examen du sens chromatique sera pratiqué avec les tests d'Ishihara et la lanterne chromoptométrique de Beyne.

Au cours de la deuxième guerre mondiale, les progrès de l'électronique permettaient la mise au point d'un nouvel appareil de détection à longue distance : le radar. Celui-ci donnant le gisement, la distance et la route d'un bâtiment écho par rapport au bâtiment observateur, tendait donc à remplacer la veille optique. De là à remettre en question toutes les conditions d'aptitude au point de vue visuel, il n'y avait qu'un pas, et l'on pouvait avancer que le radar remplacerait avantageusement l'œil des veilleurs. Ceci devenait surtout intéressant par temps de brume où la visibilité est très faible, sinon nulle.

Mais il faut bien constater qu'à aucun moment le radar ne peut remplacer le sens chromatique. En effet, s'il donne les éléments permettant de repérer un bâtiment en route, il ne

pourra indiquer la couleur des feux de balisage par exemple, il ne pourra pas non plus voir une fusée de signalisation. En outre, comme tout ce qui est mécanique, le radar est susceptible de tomber en panne. On voit donc que la veille radar ne peut remplacer la veille optique. Il faut donc beaucoup mieux assurer les deux sécurités sur le même bâtiment : radar et veille optique. De plus, il faut bien noter que certains petits bâtiments ne sont pas toujours munis de radar et doivent se fier aux yeux de leurs veilleurs. On conçoit donc que l'importance du sens chromatique n'ait diminué en aucune façon.

Nous avons vu, au cours de ce qui précède, que toutes les lanternes chromoptométriques, type marine, présentent au moins simultanément deux feux. Cette condition est commandée par la position des feux de route des bâtiments.

Parmi toutes les couleurs simples possibles, la marine n'a retenu, pour la signalisation à longue distance, que trois couleurs : le blanc, le vert et le rouge. Le jaune a été écarté en raison des risques de confusion avec le blanc, surtout par temps de brume ; le bleu a été écarté à cause de sa faible luminosité et de son intervalle photochromatique beaucoup trop important. Ces feux rouges, verts et blancs, sont fixes. Il sont dits : feux de route et de mouillage internationaux (règlement pour prévenir les abordages en mer [décret du 1er juin 1953]). Parmi ces feux verts et rouges, on distinguera, avec la Commission internationale de l'éclairage :

— Des signaux type « longue portée » :

Vert : 495 $m\mu \leqslant \lambda \leqslant 548$ $m\mu$;

Rouge : 610 $m\mu \leqslant \lambda \leqslant 700$ $m\mu$.

Des signaux type « certitude de d'identification » :

Vert : 496 $m\mu \leqslant \lambda \leqslant 507$ $m\mu$;

Rouge : 625 $m\mu \leqslant \lambda \leqslant 700$ $m\mu$.

Les signaux, type marine, répondent aux normes de la deuxième catégorie. Ce sont des signaux, type « certitude d'iden-

tification ». La portée efficace des signaux colorés, type marine, s'échelonne entre deux et cinq nautiques. Actuellement, on admet que les signaux verts et rouges doivent être perçus à deux nautiques et les signaux blancs à cinq nautiques (1).

Chaque bâtiment possède un ensemble de feux de route et de mouillage dont le secteur de visibilité est défini dans le plan horizontal (*fig.* 1).

— Un feu de hune blanc à l'avant, secteur de visibilité horizontal de 225°.

— Un feu additionnel à l'ancre blanc, secteur de visibilité horizontal de 135°.

— Deux feux latéraux, un vert à tribord, et un rouge à bâbord, visibles droit devant et jusqu'à deux quarts sur l'arrière du travers (112° 30').

— Un feu de poupe blanc, secteur de visibilité horizontal de 135°.

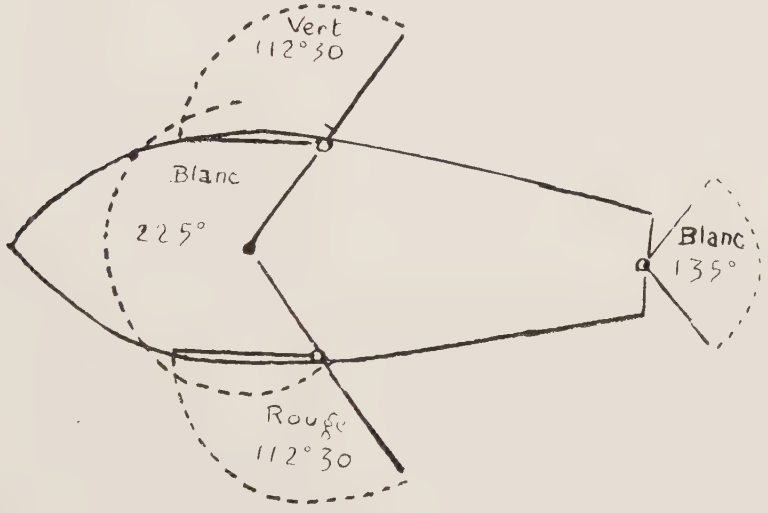


Fig. 1. — *Feux de position d'un bâtiment.*

(1) 1 nautique = 1 mille marin = 1 852 mètres.

Il paraît donc évident que lorsqu'un veilleur voit, de nuit, un autre bâtiment à la mer, il voit plusieurs feux de position : soit deux, soit trois feux suivant l'angle fait par les routes des deux bâtiments en présence (*fig.* 2).

En outre, d'autres facteurs peuvent gêner les veilleurs. C'est ainsi qu'actuellement, dans le cas des bâtiments brillamment éclairés, tels les paquebots, les confusions entre vert et blanc sont beaucoup plus faciles qu'à l'époque où les navires ne se signalaient que par leurs seuls feux de position. Des conditions atmosphériques défavorables (brume, embruns, etc.) peuvent gêner la veille optique, augmentant les risques d'erreurs ; c'est ainsi que, par temps de brume, un vert clair et un blanc peuvent être aisément confondus (*cf.* échouage du paquebot français *Champollion* devant Ras-Beyrouth). Il est possible également qu'un certain facteur fatigue intervienne après une veille prolongée, augmentant encore les risques de confusion des feux colorés.

Mais il nous faut encore envisager un certain aspect technique de la question. Il arrive parfois que, pour des raisons d'ordre purement tactique : temps de guerre, manœuvres de temps de paix, les bâtiments naviguent tous feux masqués, ne se signalant entre eux que par :

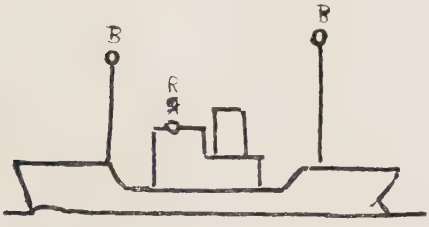
— Leur feu bleu de poupe, visible à 600 mètres :

— Des fanaux très discrets, visibles à 500 mètres.

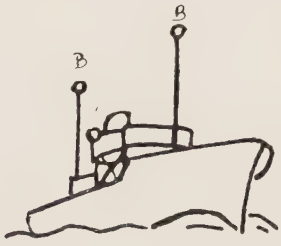
Signaux qu'il faudra pouvoir déceler à temps pour éviter un abordage. Également, lorsque plusieurs bâtiments naviguent en ligne de file, il existe à l'arrière du matelot d'avant un feu bleu visible à 400 mètres et susceptible de clignoter pour signaler un changement de vitesse. Cela fera encore un feu intermittent à distinguer parmi les autres.

Nous venons de voir très rapidement les conditions quelquefois difficiles, dans lesquelles les veilleurs doivent distinguer et reconnaître les divers feux colorés, souvent très proches

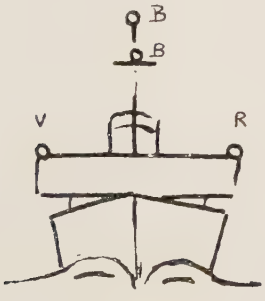
les uns des autres. Le problème se complique encore lorsqu'on navigue à proximité de terre ou dans un détroit resserré (détroit de Messine, par exemple, où l'on devra distinguer les feux à terre des feux en mer). Ceci nous montre encore plus la raison pour laquelle, contrairement aux autres armes, la marine a tenu et tient toujours à posséder des lanternes présentant simultanément plusieurs feux colorés.



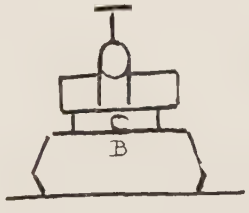
Navire faisant route vers la gauche.



Navire faisant route vers la droite.



Navire présentant l'avant.



Navire présentant l'arrière.

Navire au mouillage.

Fig. 2. — *Divers feux de route et de mouillage des bâtiments.*

LE SENS CHROMATIQUE NORMAL
LA COULEUR

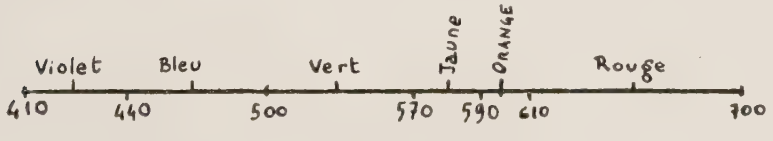
Physiologiquement, un signal lumineux est caractérisé par :

— La qualité de sa couleur ;
— Son intensité lumineuse ;
— La dimension de l'image rétinienne qu'il détermine ;
— Eventuellement sa durée d'action.

L'EXCITATION CHROMATIQUE

La couleur n'a pas de réalité objective, elle est l'interprétation que nous donnons de l'excitation chromatique. Elle est, en effet, le résultat de l'interprétation mentale de certains stimuli sensoriels, ceux-ci étant représentés par une infime partie de l'énergie rayonnante. Seules, en effet, les radiations composant le spectre visible, de longueurs d'onde comprises entre 400 et 700 mμ, constituent ces stimuli.

La perception spécifique d'une couleur déterminée est essentiellement liée à la longueur d'onde de l'énergie rayonnante ; seule une petite bande du spectre étant visible pour l'œil humain.



Mais, en plus, d'autres facteurs psychiques et physiques, interviennent. Ce sont eux qui déterminent les qualités physiques et physiologiques de la couleur et dont les actions s'interpénètrent étroitement.

LES QUALITES PHYSIQUES DE LA COULEUR

Les qualités physiques de la couleur sont essentiellement constituées par trois variables.

— La longueur d'onde dominante B λ ;

— La luminance totale B ω + B λ ;

— Le facteur de pureté $P = \dfrac{B\ \lambda}{B\ \omega + B\ \lambda}$

La longueur d'onde dominante.

C'est la longueur d'onde dominante de l'énergie rayonnante qui, frappant la rétine, détermine la sensation colorée. Cette longueur d'onde dominante B λ est spécifique d'une couleur donnée. C'est en fonction d'elle que le cerveau classe les couleurs du spectre de la lumière blanche. Bref, la longueur d'onde dominante caractérise la spécification de la couleur.

La luminance totale.

La luminance totale est fonction de l'émetteur. La colorimétrie nous apprend que l'aspect d'une lumière quelconque peut être reproduit par l'addition à une lumière blanche, d'une luminance supplémentaire fournie par une radiation pure B λ. L'ensemble B ω + B λ constitue donc la luminance totale.

C'est dans le jaune-vert qu'elle est la plus grande pour l'œil humain, car chaque récepteur possède un coefficient de brillance lumineuse (luminance) variable suivant la longueur d'onde. le facteur de pureté étant égal à 1.

Le facteur de pureté.

C'est un rapport mathématique. Il est donc entièrement objectif :

$$P = \frac{B\lambda}{B\omega - B\lambda}$$

Il est égal à 1 lorsque la luminance totale est uniquement le fait de la longueur d'onde dominante B λ, ce qui est le cas d'une radiation monochromatique.

L'œil humain présente donc en colorimétrie une trivariance.

LES QUALITES PHYSIOLOGIQUES DE LA COULEUR

Là aussi, nous avons trois éléments :

— La clarté ;

— La tonalité ;

— La saturation.

Elles sont la traduction, au niveau du complexe rétine-centres corticaux, respectivement de :

— La luminance ;

La longueur d'onde dominante ;

— Du facteur de pureté.

La clarté.

Elle représente l'intensité lumineuse, la luminance relative des diverses parties du spectre pour la rétine. Sa détermination se fait au moyen d'un spectroscope, en comparant par tâtonnements deux radiations lumineuses connues. On peut également la déterminer à l'aide de la courbe de visibilité photopique de la rétine.

Pour la rétine humaine, le maximum lumineux siège dans le jaune-vert (555 mμ).

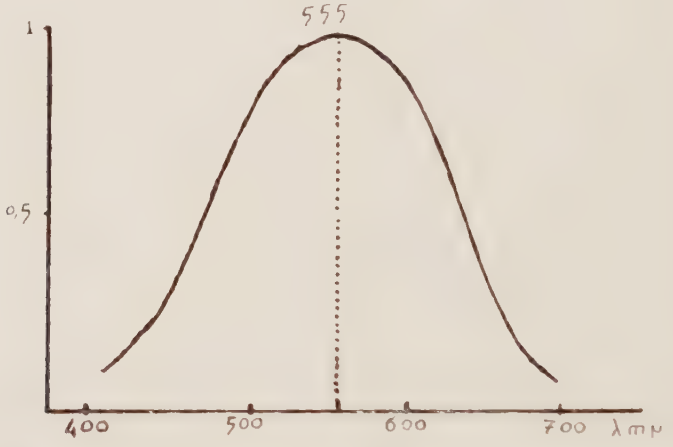


Fig. 3. — *Courbe de visibilité photopique C.I.E. (sujet normal).*

La tonalité.

Elle est la résultante de l'action de la longueur d'onde dominante au niveau du complexe rétine-centres qui est capable de subdiviser chacune des couleurs du spectre en toute une gamme de tonalités ou nuances dont l'échelle s'étend sur :

250 tonalités environ dans le visible ;

140 tonalités dans les pourpres.

Pour l'étudier, on s'efforce de déterminer, à l'aide d'un appareil spectral, présentant deux spectres superposés, les plus petites différences de tonalités que peut percevoir la rétine. On a pu ainsi déduire la courbe de sensibilité différentielle aux variations de tons, en fonction de la longueur d'onde.

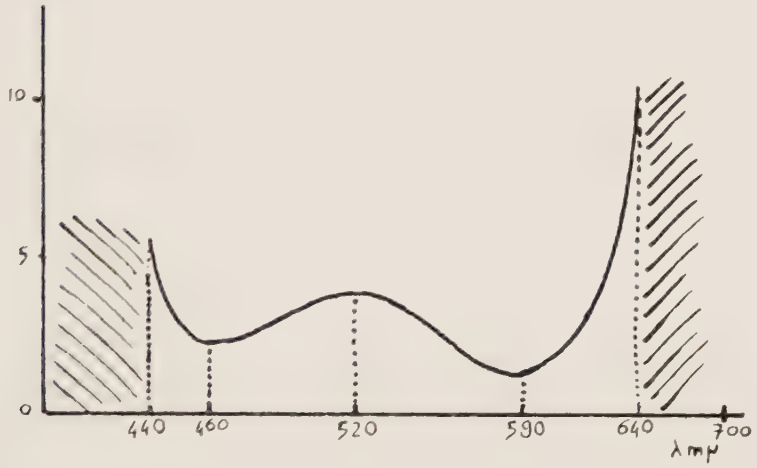


Fig. 4. — Courbe de sensibilité différentielle tonale (sujet normal).

C'est ainsi que Mandelstramm et Dobrowolsky ont montré qu'il existait deux zones de minima de la courbe où la sensibilité différentielle est plus grande.

Moeller-Laderkarl a eu le grand mérite d'attirer l'attention sur les régions unitonales du spectre, en montrant que le ton ne varie pas dans les régions terminales du spectre visible. Dans ces régions, l'œil normal se comporte exactement comme celui d'un daltonien. Ces deux régions unitonales s'étendent de :

640 mμ à 700 mμ ;

400 mμ à 440 mμ.

Entre ces deux zones, s'étend la capacité chromatique normale.

La saturation.

C'est une impression psychique suivant laquelle une couleur paraît plus ou moins lavée de blanc. Cette impression ne s'applique qu'aux radiations monochromatiques dont le facteur de pureté est égal à 1 et non pas aux mélanges colorés (qui produisent alors les teintes pastels).

On a pu, à l'aide de la méthode du disque rotatif, tracer la courbe de saturation des couleurs qui montre que le jaune est la couleur la moins saturée.

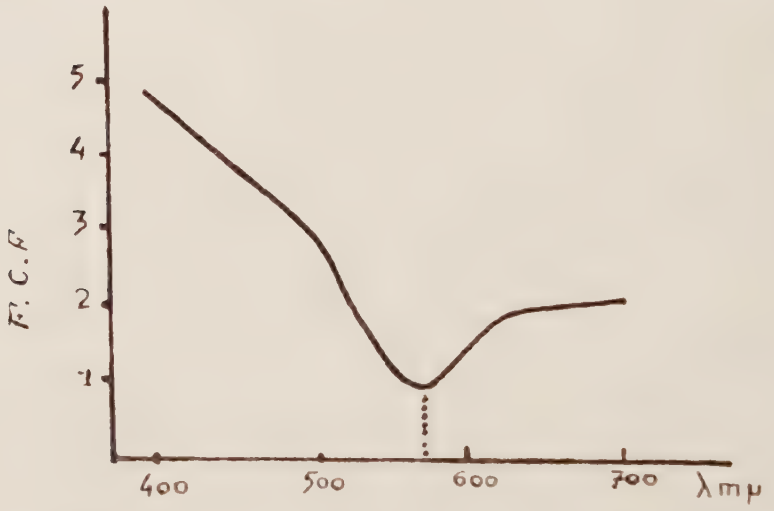


Fig. 5. — *Courbe de saturation des couleurs (sujet normal).*

Mais à ces trois variables physiologiques, viennent s'intriquer d'autres phénomènes qui sont également d'ordre physiologique.

L'effet Purkinje.

La courbe de visibilité photopique normale nous montre que le facteur de visibilité de l'œil humain est maximum dans le

jaune-vert (555 mμ) et minimum dans le rouge moyen (environ huit fois moins) et le violet (environ vingt fois moins).

Si on fait baisser peu à peu l'éclairage, on constate que lorsque celui-ci devient très faible, la courbe tend à se déplacer dans son ensemble vers les courtes longueurs d'onde. Le maximum de sensibilité de l'œil vient alors se situer dans le vert-bleu (510 mμ). Ce fait constitue le phénomène de PURKINJE.

L'adaptation colorée.

Au fur et à mesure que le niveau de lumière baisse, la sensibilité rétinienne tend à augmenter. Mais il faut bien noter que l'adaptation des cônes est relativement faible. Lorsqu'on aura atteint le seuil d'excitation des cônes, l'adaptation des bâtonnets se poursuivra, tandis que s'abaissera toujours le niveau de lumière. Il existe donc entre le seuil de perception colorée et celui de perception lumineuse, un intervalle dit « intervalle photochromatique ». Maximum pour le bleu, ce dernier est encore très marqué pour le vert et devient pratiquement nul pour le rouge.

Le niveau de lumière de la source colorée.

Mais la perception se modifie encore à mesure qu'augmente le niveau de lumière. C'est ainsi que les radiations de grandes longueurs d'onde tendent à donner l'impression du vert-jaune de 571 mμ tandis que les radiations de courtes longueurs d'onde tendent à donner l'impression du bleu de 474 mμ ; par contre, le vert de 506 mμ ne varie pas. Ce phénomène est dit de Bezold-Brucke.

Le niveau de lumière ambiante.

On sait qu'un feu coloré, aisément vu de nuit, demande pour être vu de jour un niveau de lumière plus élevé.

Les contrastes simultanés.

On doit tenir compte ici de deux éléments :

— Les contrastes de tons : quand deux plages de même teinte, mais de pureté différente, sont juxtaposées, la plus pure fait paraître l'autre plus blanche, donc moins saturée.

— Les contrastes de teinte : quand on accole deux teintes complémentaires, la moins saturée voit sa saturation accrue par la présence de sa complémentaire.

COULEURS FONDAMENTALES
COULEURS COMPLEMENTAIRES

Couleurs fondamentales.

Au début du XIX[e] siècle, YOUNG découvrit qu'à l'aide de trois couleurs seulement, il était possible de reconstituer la lumière blanche. Ces couleurs sont le rouge, le vert et le bleu. Ce sont ces trois couleurs qui, bases de la théorie trichromatique, ont reçu le nom de couleurs fondamentales ou primaires.

Quelques années plus tard, MAXWELL faisait la même constatation et obtenait expérimentalement, à l'aide de trois couleurs spectrales déterminées, une lumière blanche. De là MAXWELL devait déduire son célèbre triangle des couleurs (1).

Couleurs complémentaires.

On peut également reproduire la lumière blanche avec deux teintes spectrales seulement ; de telles couleurs sont dites com-

(1) Certains auteurs, comme Dubois-Poulsen, n'admettent plus à l'heure actuelle le triangle de Maxwell.

plémentaires. Ces deux radiations monochromatiques doivent avoir des longueurs d'onde éloignées dans le spectre, sinon la tonalité résultante serait une tonalité intermédiaire.

Nous remarquerons que le vert n'a pas de complémentaire dans le spectre, car il n'existe pas de radiations ayant une longueur d'onde suffisamment éloignée. La complémentaire du vert sera un mélange de bleu-violet et de rouge, siégeant donc dans la zone des pourpres.

DYSCHROMATOPSIES CONGÉNITALES
LEURS RAPPORTS AVEC LA MARINE

Au cours de l'exposé succinct qui va suivre, nous rangerons sous le terme de dyschromatopsies :

— L'achromatopsie totale, anomalie dans laquelle le sujet ne perçoit aucune couleur.

— Les dyschromatopsies vraies qui peuvent se présenter sous trois formes :

Soit cécité totale pour une couleur ;
Soit mauvaise perception d'une couleur ;
Soit confusion d'une couleur avec le blanc.

Adoptant les termes de la théorie trichromatique, nous classerons les sujets suivant leur anomalie et nous distinguerons avec Y. Legrand :

— Les monochromates ;
— Les dichromates ;
— Les trichromates anormaux.

LES MONOCHROMATES

(Anomalie Daubbeney - Huddart)

Cette anomalie est extrêmement rare (200 observations environ. Un cas pour 300 000 individus, suivant Gothlin), caracté-

risée par l'absence de toute vision colorée, ce qui lui a valu le nom d'achromatopsie totale. Le ton et la saturation ont disparu, seule persiste la luminosité, celle-ci restant l'élément distinctif. De tels sujets ne conservent que la sensation de clarté. le milieu extérieur leur apparaît donc composé uniquement de noir et de gris, tout comme une photographie.

Le spectre paraît incolore dans toute son étendue normale. Le maximum lumineux, très sensiblement décalé vers les courtes longueurs d'onde, se localise dans le vert (520 mμ).

Cette anomalie s'accompagne généralement de troubles oculaires associés : amblyopie, scotomes, nystagmus, pseudo-photophobie.

On en distingue essentiellement deux types :

— La nyctalopie est le plus fréquemment rencontrée. La rétine de ces sujets serait semblable à celle des oiseaux de nuit. mais la fovéa est aveugle, d'où les faibles acuités visuelles. De tels sujets présentent le maximum de troubles oculaires associés. Contrairement à ce que l'on avait pensé, les travaux de LARRSEN ont montré que ces rétines étaient normales au point de vue histologique.

— Une variété, beaucoup plus rare, est celle des sujets ayant conservé une fovéa normale, donc une acuité visuelle intacte.

LES DICHROMATES

Cette anomalie est caractérisée par l'existence d'une bande neutre dans le spectre, ce qui se traduit par une zone limitée paraissant grise ou blanc-lavé.

Les dichromates ne possèdent que deux fondamentales ou variables. Selon les cas, on constate :

— Absence de la fondamentale rouge dans la protanopie ;

— Absence de la fondamentale verte dans la deutéranopie ;

— Absence de la fondamentale bleue dans la tritanopie (rare).

C'est Seebeck qui détermina la base de cette classification ; von Kries en ayant établi la terminologie.

L'étude des caractères de cette anomalie a permis de lui distinguer deux types : un type Dalton ou protanopie et un type Nagel ou deutéranopie (Seebeck-Polack).

Ces sujets se distinguent essentiellement :

— Des sujets normaux, par des altérations similaires du sens chromatique qui se trouve réduit à la seule reconnaissance des couleurs bleue et jaune.

— Entre eux, par la position du maximum lumineux et l'aspect de la courbe de saturation des couleurs.

Anomalie Dalton ou protanopie.

Cette anomalie est caractérisée par le fait que le spectre paraît raccourci du côté de son extrémité rouge. En réalité, le spectre visible conserve toute son étendue, mais il est divisé en deux parties par une étroite bande de cécité aux couleurs qui se situe au niveau du bleu-vert (480 mμ).

Le maximum lumineux de tels sujets se trouve déplacé vers les courtes longueurs d'onde (550 mμ). Les différences d'intensité lumineuse ainsi constatée portent sur toutes les couleurs du spectre.

On observe, d'autre part, une beaucoup plus grande extension des régions unitonales du spectre. Tous les tons situés à droite de la zone neutre et à partir de 540 mμ : rouge, orangé, jaune, vert apparaissent de la même teinte jaunâtre avec de

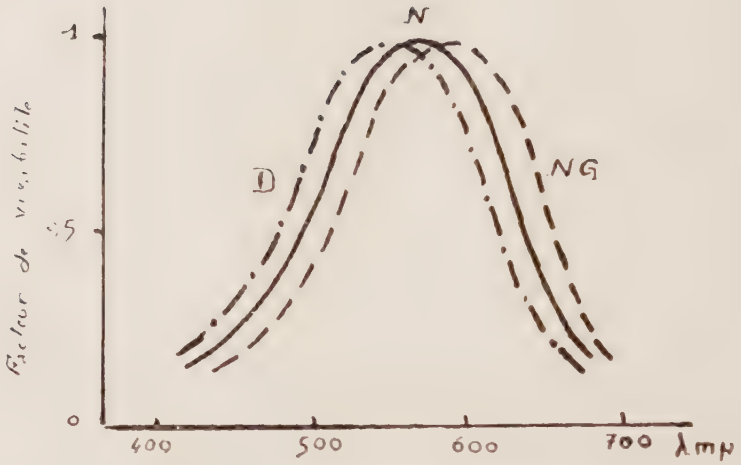


Fig. 6. — *Courbe de visibilité photopique.*
N : sujet normal
D : dichromate type Dalton — . — . — .
NG : dichromate type Nagel — — — —

simples différences de clarté; tandis que tous les tons situés à gauche et en deçà de 465 mμ constituent une même bande unitonale bleue.

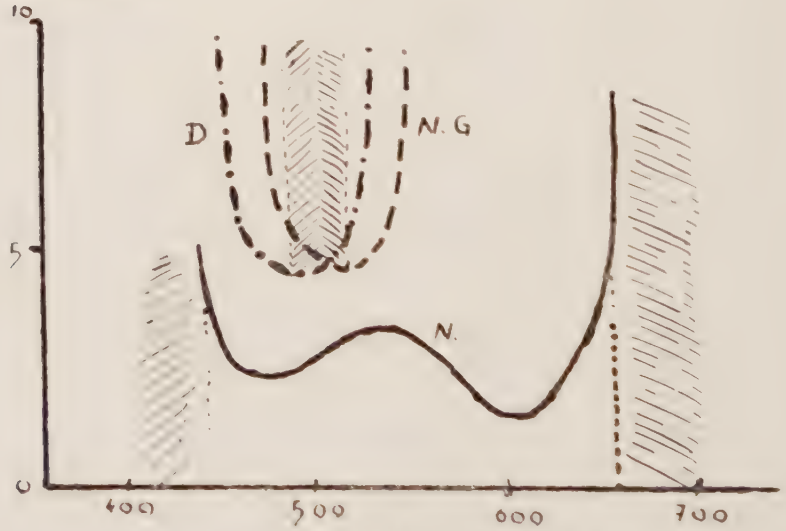


Fig. [illegible]
N : sujet normal
D : dichromate type Dalton
NG : dichromate type Nagel

La courbe de saturation des couleurs, nulle dans le bleu-vert au niveau de la zone neutre, présente deux sommets : un dans le jaune et l'autre dans le bleu.

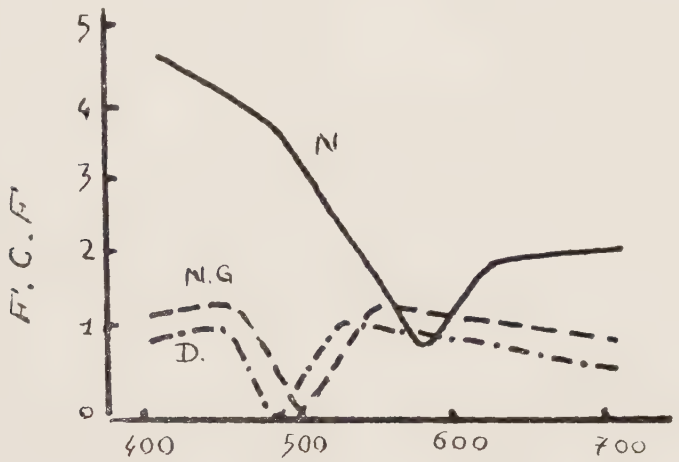


Fig. 8. — *Courbe de saturation des couleurs.*
N : sujet normal ————————————
D : dichromate type Dalton — . — . — . — . —
NG : dichromate type Nagel — — — — — — —

Anomalie Nagel ou deutéranopie.

Cette anomalie est caractérisée par une cécité pour le vert. Elle présente les mêmes caractéristiques globales que la protanopie, mais le déplacement du maximum lumineux se fait vers les grandes longueurs d'onde. La zone neutre se situe dans le vert de 500 mμ.

Dans ces deux types d'anomalies, la zone neutre se situe dans le bleu-vert du sujet normal. Le dichromate va donc confondre gris et bleu-vert. Mais nous savons que pour les dichromates, on peut obtenir toutes les nuances visibles par eux en mélangeant deux teintes prises aux extrémités du spectre. On aura donc cette couleur grise occupant la place du bleu-vert par une combinaison de rouge et de bleu-violet, ce qui cor-

respond au pourpre du sujet normal. On constate donc l'existence d'une deuxième bande neutre qui sera décalée vers le rouge franc ou le pourpre selon que l'on aura affaire à un type Dalton ou à un type Nagel.

En conclusion, le dichromate ne peut percevoir que deux ou trois couleurs, principalement le jaune et le bleu. Ce qui lui manque surtout, c'est la perception du rouge et du vert, teintes généralement choisies pour toute signalisation colorée, d'où son inaptitude à certaines spécialités de la marine.

La tritanopie.

C'est une anomalie très rare due à la déficience des récepteurs du bleu-violet ; elle est caractérisée par une cécité pour ces couleurs. Le point neutre se situerait entre 570 et 580 mμ avec un deuxième point neutre complémentaire dans le violet ou le bleu.

Pour Judd, il y aurait, à côté de cette tritanopie, une tétratanopie caractérisée par un spectre divisé en trois parties, les deux extrémités paraissant rouges et la zone centrale verte.

LES TRICHROMATES ANORMAUX

La trichomasie anomale réalise une catégorie d'anomalies découvertes en 1881 par lord Rayleigh. Un sujet normal peut toujours reproduire un jaune donné, par exemple celui des raies du sodium (589 mμ), par un mélange en proportion convenable de rouge et de vert. Or, lord Rayleigh, examinant ses beaux-frères, constata que pour synthétiser le jaune sodium, ils devaient utiliser plus de vert que les sujets normaux. Par la suite, une nouvelle variété, très rare, fut découverte. Pour syn-

thétiser le jaune sodium, le sujet devait utiliser plus de rouge que normalement.

Von Kries appela protanomaux les sujets qui mettent trop de rouge, et deutéranomaux les sujets qui mettent trop de vert dans leur égalisation colorimétriques.

Protanomalie : type Hart.

Chez de tels sujets, le maximum de la courbe de sensibilité lumineuse est déplacé vers les courtes longueurs d'onde (545 mμ) ce qui entraîne un obscurcissement relatif de l'extrémité rouge du spectre. Malgré cela, les protanomaux distinguent toutes les couleurs du spectre, mais avec une faible saturation et le rouge, peu saturé, paraîtra encore plus sombre par suite du décalage du maximum lumineux.

La courbe de sensibilité différentielle aux variations de tons est amoindrie par rapport à la normale. La bande unitonale, située à l'extrémité rouge du spectre est plus importante que celle de l'œil normal, sans toutefois atteindre le jaune comme dans l'anomalie, type Dalton.

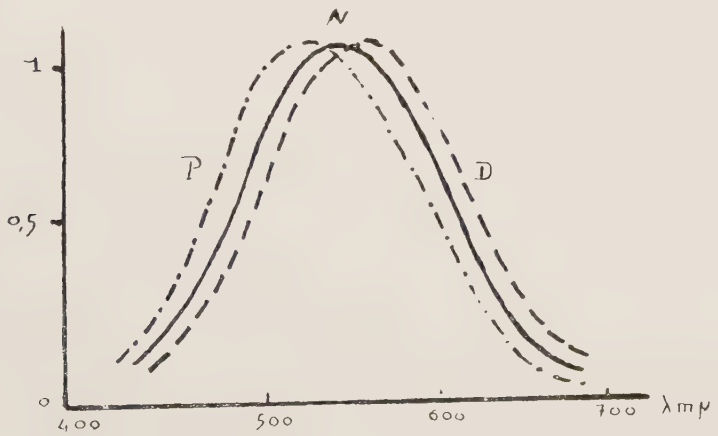


Fig. 9. — *Courbe de visibilité photopique.*
N : sujet normal ————————————
P : trichromate protanomal — . — . — . — . — .
D : trichromate deutéranomal — — — — — — —

Deutéranomalie : type Balfour.

Ces sujets voient toutes les couleurs du spectre avec un aspect presque ordinaire, sauf le rouge qui doit leur paraître à peine plus saturé que le jaune. Ils présentent des différences dans leurs égalisations colorimétriques, mais plus accentuées que les protanomaux.

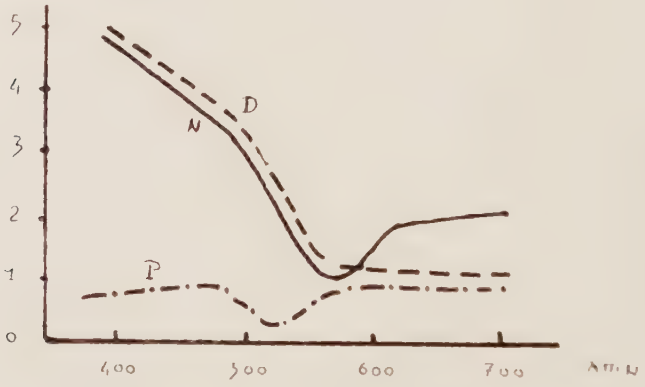


Fig. 10. — *Courbe de saturation des couleurs.*

N : sujet normal
P : trichromate protanomal
D : trichromate deutéranomal

La courbe de luminosité a son maximum déplacé vers les grandes longueurs d'onde, autour de 560 mμ.

La courbe de sensibilité différentielle tonale est amoindrie par rapport à la normale, mais se rapproche davantage de la normale que celle des trichromates protanomaux.

La courbe de sensibilité différentielle tonale des trichromates anormaux est toujours amoindrie par rapport à la normale : elle devient même très mauvaise aux extrémités du spectre. Elle est également mauvaise dans la zone du jaune et du jaune-vert.

Il semble que les protanomaux distinguent mieux les couleurs que les deutéranomaux puisque leurs égalisations colori-

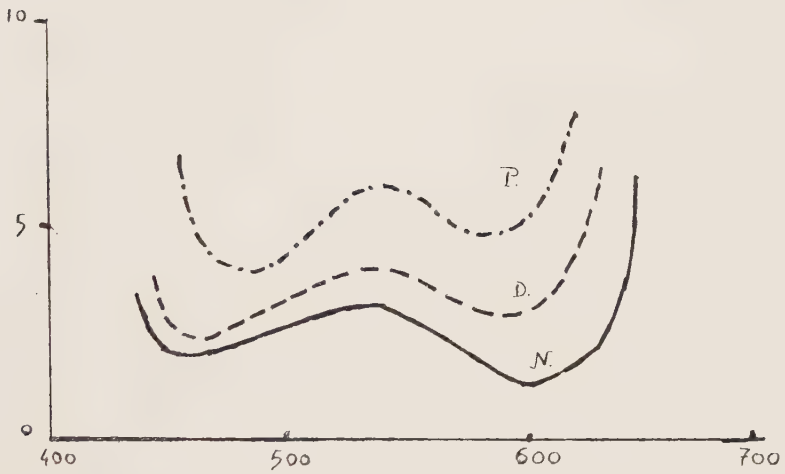


Fig. 11. — *Courbe de sensibilité différentielle tonale.*

N : sujet normal ———— ————————
P : trichromate protanomal — . — . — . — .
D : trichromate deutéranomal — — — — — — —

métriques sont meilleures ; mais nous avons vu que les courbes des deutéranomaux sont beaucoup plus proches de la normale que celles des protanomaux. Les deutéranomaux seraient donc plus aptes à percevoir les signaux colorés que les protanomaux.

Les trichromates anormaux sont encore caractérisés par :

— Une exaltation des sensations de contrastes colorés ;

— Le besoin de voir les feux sous un angle apparent, plus grand, avec un temps d'exposition vingt-cinq à cinquante fois plus long qu'un sujet normal ;

— Le besoin de voir les couleurs avec une saturation plus importante que les sujets normaux.

En fait, dans la pratique courante, les dyschromatopsies ne sont pas aussi nettement systématisées et il est bien souvent impossible, avec les moyens de diagnostic utilisés au cours des examens systématiques, de classer tel ou tel individu dans telle ou telle catégorie d'anomalie. Il existe fort probablement de

nombreux cas intermédiaires faisant transition entre chaque anomalie. Ces cas de transition assurent probablement une progression régulière, depuis l'achromate total jusqu'au sujet possédant un sens chromatique des plus hautement différencié.

De plus, au cours de l'examen, deux facteurs vont intervenir. D'une part, le facteur physiologique sensoriel ne mettant en jeu que les éléments périphériques différentiels, d'autre part, un facteur psychosensoriel dont dépend l'interprétation du message transmis par le stimulus lumineux. Ce dernier facteur est, avant tout, fonction de l'éducation, de la formation de l'individu, de son niveau intellectuel, de l'appréciation des éléments de comparaison entre chaque couleur. Ainsi, certains sujets anormaux s'appuient essentiellement sur les différences d'intensité des couleurs pour les différencier. C'est ce facteur psychosensoriel que Le Méhauté a voulu supprimer lorsqu'il a gréé sa lanterne chromoptométrique avec des disques comportant côte à côte un rouge clair et un rouge foncé, un vert clair et un vert foncé, un rouge sombre et un vert clair, etc.

En outre, le fait de classer les déficits du sens chromatique en monochromates, dichromates et trichromates anormaux, chacun de ces groupes comportant des sous-groupes, est-il suffisant pour décider de l'aptitude de tel ou tel sujet à reconnaître tel feu rouge ou vert dont la longueur d'onde est fixée à l'avance ? Il semble bien que non. Nous avons ainsi fréquemment remarqué, au cours de nombreux examens, que nous avons pratiqués, tant à l'hôpital maritime Sainte-Anne à Toulon, qu'à l'hôpital militaire Robert-Picqué à Bordeaux, que certains sujets qui commettent de multiples erreurs aux tests classiques sont parfaitement capables d'identifier les feux qu'on leur présente au cours de l'examen, type marine.

C'est alors que devant l'impossibilité de sélectionner les candidats à l'engagement dans le corps des Equipages de la Flotte à l'aide des tests classiques (équation de Rayleigh, tables

pseudo-isochromatiques, etc.), la marine, imitée par la suite par l'aviation, a cherché à réaliser une épreuve professionnelle de reconnaissance de feux colorés à l'aide de divers types de lanternes que nous étudierons ultérieurement. De même, une classification standard propre à la marine, et répondant mieux à ce qui est demandé au candidat, a été adoptée. C'est ainsi que, du point de vue de la marine seulement, on distingue :

— C.1 : sens chromatique normal ; sujet ne faisant aucune erreur, ni aux tests d'Ishihara ni au chromoptomètre de Le Méhauté-Guérin.

— C.2 : sens chromatique satisfaisant ; sujet faisant des erreurs aux tests d'Ishihara, mais reconnaissant parfaitement les feux colorés.

— C.3 : daltonien franc ; sujet commettant des erreurs aux tests d'Ishihara et à l'épreuve de reconnaissance des feux colorés.

De plus, il faut encore envisager l'existence de dyschromatopsies acquises qui sont encore beaucoup moins systématisées et s'accompagnent toujours de modifications caractéristiques du champ visuel, fréquemment associées à des lésions du fond d'œil décelables à l'examen ophtalmoscopique. Si bien que, en dehors du trouble de la perception colorée, accusé par le malade, l'examen permettra de poser facilement le diagnostic.

Ces anomalies s'observent surtout dans les maladies du nerf optique, les altérations du champ visuel observées au cours des dyschromatopsies acquises sont de deux types :

— Soit scotome central aux couleurs, au début ;

— Soit rétrécissement périphérique progressif du champ visuel aux couleurs.

Le premier cas s'observe surtout dans les névrites rétro-bulbaires observées après sinusites, après certaines affections dentaires, certaines maladies infectieuses, dans la sclérose en plaques ou dans certaines intoxications (alcool-tabac).

Le premier signe est une difficulté, sinon une impossibilité, à reconnaître en vision maculaire le vert, alors qu'il est parfaitement reconnu par la région périmaculaire de la rétine ; par contre, la sensibilité au rouge est parfaite, tout au moins au début. Elle diminue peu à peu, puis le processus atteint la sensibilité pour les autres couleurs et finalement la perception du blanc disparaît. A ce moment, l'acuité visuelle est fortement diminuée et le scotome peut être sensiblement étendu, au point de déterminer la cécité. L'examen du fond d'œil montrera une pâleur de la papille par atrophie optique.

Le deuxième cas s'observe dans les névrites aiguës ou chroniques que l'on trouve dans certaines maladies infectieuses ou chroniques (syphilis, tabès). Le rétrécissement du champ visuel débute pour le vert, puis continue pour le rouge et enfin pour les autres couleurs. Il peut être en même temps rétréci pour le blanc.

Quant à l'altération de la perception du bleu et du jaune, elle s'observe avant celle du vert et du rouge dans certaines rétinopathies (rétinite albuminurique, rétinite spécifique) sous forme de scotome.

Nous citerons encore les chromatopsies ou vision colorée des objets qui sont tous vus de la même couleur. On observe de tels cas dans certaines intoxications : telle la xanthopsie passagère provoquée par la santonine.

On observe encore des altérations du sens chromatique dans les affections cérébrales. On a pu observer des dyschromatopsies après attaque d'apoplexie ou après commotion cérébrale

En général, dans ce cas, l'altération du sens chromatique rétrocède partiellement, mais lorsque la lésion est occipitale, la récupération de la perception colorée est la dernière à se faire.

Cette non systématisation des dyschromatopsies acquises explique encore l'idée directrice qui, dans la marine, a conduit à la réalisation des lanternes chromoptométriques que nous allons maintenant passer en revue.

LES LANTERNES CHROMOPTOMÉTRIQUES TYPE MARINE UTILISÉES EN FRANCE

Ces lanternes sont des appareils utilisant la lumière transmise par une source lumineuse déterminée à travers des filtres colorés. Elles ont pour but de faire reconnaître, aux sujets examinés, les feux colorés qu'ils sont appelés à différencier dans l'exercice de leur profession, sans tenir compte des classifications théoriques que l'on obtient à l'aide des épreuves théoriques (équation de Rayleigh, table pseudo-isochromatique, etc.).

Dans ce but, deux types de lanternes ont été mis au point : le premier type permet de présenter au sujet les feux colorés pris isolément (lanterne de Gilles Archer), le deuxième type essayant de placer le sujet dans des conditions plus proches de la réalité, présente simultanément plusieurs feux. C'est le cas des lanternes marines : Le Méhauté-Guérin et Beyne en France, Martin en Grande-Bretagne, et Farnsworth aux U.S.A. qui présentent simultanément deux ou trois feux colorés correspondant aux feux de route d'un bâtiment naviguant de nuit, permettant ainsi de réaliser les diverses combinaisons possibles, liées à la position des feux de route.

LANTERNE CHROMOPTOMETRIQUE A FEUX SIMPLE

La principale caractéristique de ce type de lanterne est de ne montrer au candidat qu'un seul feu à la fois. On en distingue en France un seul modèle : la lanterne de Gilles Archer.

Utilisée en France et en Grande-Bretagne, dans l'aviation et l'aéronautique navale, elle a été conçue et réalisée pour répondre aux conditions d'examen du sens chromatique prescrites par la « convention portant réglementation de la navigation aérienne ».

Elle présente au candidat la lumière transmise par des écrans colorés, éclairés à 5 lux, correspondant à la couleur des feux utilisés dans la navigation aérienne. Ces feux sont présentés durant une seconde à une distance de 5 mètres, sous une angle de 3'.

La lanterne comporte une série de sept écrans de couleur rouge foncé, jaune, bleu-vert, rouge aviation, jaune aviation, vert aviation et blanc. Un diaphragme permet de réduire à volonté le diamètre des surfaces éclairées.

L'examen est pratiqué en chambre noire, à 5 mètres. Les feux sont présentés successivement dans un ordre quelconque et le candidat doit les nommer. En cas de réponses douteuses, les feux seront présentés plusieurs fois sous des diaphragmes différents. La moindre erreur concernant les feux standards sera éliminatoire.

Couleur	Longueur d'onde en mμ		Saturation ne doit pas être inférieure à
	Pas supérieure à	Pas inférieure à	
Rouge aviation	610	—	99
Jaune aviation	584	594	97
Vert aviation	495	545	42

LANTERNES A FEUX MULTIPLES

Elles sont toutes caractérisées par le fait qu'elles peuvent présenter simultanément deux ou trois feux. Elles sont utilisées dans toutes les marines mondiales, chaque état utilisant son

appareil propre, mais le principe directeur est toujours le même, quelle que soit la lanterne : représenter aussi exactement que possible les feux d'un bâtiment à la mer.

Chromatoscope de Le Méhauté-Guérin.

L'appareil permet de réaliser deux épreuves :

L'épreuve dite « des 3 feux punctuels ».

On présente au candidat huit combinaisons de 3 feux placés en triangle. Chacun des feux a 0,6 mm de diamètre. Les feux sont présentés par groupe de trois.

Les seules couleurs utilisées sont celles des signaux de nuit : vert, rouge et blanc, mais chaque couleur est présentée avec des longueurs d'onde et des saturations variables d'un feu à l'autre. Le candidat doit donc reconnaître vingt-quatre feux.

Cette épreuve est, comme nous l'avons déjà dit plus haut, basée sur le fait que tout candidat qui, à 5 mètres, reconnaît les feux de 0,6 mm de diamètre, possède une « acuité chromatique » suffisante pour reconnaître en mer les feux de route à 2 000 mètres.

L'épreuve dite de confusion.

On présente au candidat huit disques bicolores, chacun de ces disques ayant un diamètre de 10 mm doit être reconnu à 2,50 mètres.

Les disques bicolores sont formés par la juxtaposition de :

— Vert et blanc ;

— Vert clair et vert foncé ;

— Vert et rouge (quatre disques de longueur d'onde et de saturation différentes) ;

— Rouge et blanc ;

— Rouge clair et rouge foncé.

Le candidat doit reconnaître en tout quarante couleurs.

Mais cet appareil n'est pas exempt de critiques :

— Longueur exagérée de l'examen ;

— Indétermination de la qualité de lumière de la source ;

— Absence d'égalité d'éclat entre les divers filtres colorés.

Malgré les efforts de Le Méhauté, il nous faut reconnaître que le feu blanc est beaucoup plus éclatant que les autres.

D'après les règlements en vigueur, si l'épreuve des trois feux punctuels n'est pas rédhibitoire, la moindre erreur commise lors de l'épreuve de confusion est éliminatoire.

Lanterne chromoptométrique de Beyne.

Les caractéristiques essentielles de l'appareil sont les suivantes :

La qualité chromatique des feux se trouve déterminée non seulement par la bande de longueur d'onde que transmet le filtre coloré utilisé (les longueurs d'onde utilisées correspondent aux longueurs d'onde des verrines des fanaux marine), mais encore par la température de couleur de la source de lumière blanche, qui est celle de l'étalon A international (2.840° K), maintenue constante par un régulateur automatique de tension.

La quantité de flux lumineux atteignant l'œil du sujet peut être déterminée et réglée à la construction de façon à la rendre comparable à celle que représente les feux de signalisation réels.

L'éclat apparent des divers feux a été rendu sensiblement équivalent, de façon à procurer au sujet l'impression d'une égalité de sensation ; ainsi sont supprimées les différences d'éclats qui servent de repère au sujet pour une fausse reconnaissance de la couleur.

Au point de vue pratique, l'utilisation de la lanterne comporte deux épreuves :

Epreuve des feux successifs.

On présente successivement cinq feux : vert, rouge, bleu, jaune, blanc. La luminance du feu blanc correspond à 50 nits sur la lanterne que nous avons utilisée.

Le diamètre apparent des feux peut être déterminé par l'observateur : celui-ci peut présenter ces feux colorés uniques sous des angles apparents variant de 1' à 6' par le jeu du diaphragme, donc avec un diamètre apparent correspondant à celui des feux de signalisation réels à distance minima de sécurité.

Le temps de présentation du test peut être éventuellement réglé par l'opérateur et varie entre 1 seconde et 1/250 seconde.

Deux « écrans de brume » peuvent être placés en avant des feux tests pour essayer de reproduire de façon approximative les effets d'abaissement de niveau lumineux et de diffusion sélective que provoquent les divers éléments perturbateurs de la transparence atmosphérique.

Epreuve des deux feux simultanés.

On présente au sujet testé trois combinaisons de deux feux présentés simultanément. Les plages colorées des deux feux n'étant pas juxtaposées, mais séparées par une distance de 3 mm (de façon à éviter les contrastes colorés), nous avons les trois combinaisons suivantes :

— Rouge et vert ;

Blanc et rouge ;

— Blanc et vert.

Les longueurs d'onde dominantes et le niveau lumineux sont les mêmes que pour l'épreuve des feux successifs, mais l'angle apparent ne varie pas et est de 4' environ (ce n'est donc pas une épreuve d'acuité chromatique).

L'examen est réalisé en chambre noire, à la distance de 5 mètres, le sujet devant nommer les couleurs qui lui sont présentées.

*
* *

Ainsi que nous venons de le voir, aucune de ces lanternes ne nous permet de retrouver une classification théorique des dyschromatopsies ; elle ne nous permettent pas de ranger un sujet déterminé dans une anomalie particulière. Elles sont uniquement capables de nous dire : tel individu peut ou ne peut pas identifier un signal lumineux coloré donné, ce qui, en fait, compte plus, du point de vue pratique, que de savoir de quelle anomalie est atteint le sujet examiné.

DEUXIEME PARTIE

Comme nous l'avons dit au cours de notre introduction, le but de ce travail était de nous livrer à une étude comparative des tests théoriques et pratiques utilisés dans l'étude des dyschromatopsies. Pour ce faire, nous avons opéré en deux temps :

— Dans un premier temps nous avons examiné 517 sujets non sélectionnés, et dans ce groupe de sujets nous avons dressé une statistique des anomalies de la vision des couleurs. Cette statistique est double. D'une part, elle a été faite suivant les resultats donnés par l'Ishihara et l'anomaloscope de Nagel d'autre part elle a été faite suivant la classification en usage dans la marine (Ishihara et lanterne de Le Méhauté-Guérin) (1).

— Dans un deuxième temps nous avons étudié 143 dyschromatopsies prises parmi les sujets adressés en consultation dans le service. Sur ces 143 sujets, nous avons, d'une part, étudié les résultats obtenus avec les divers tests, d'autre part, nous avons recherché quelle catégorie d'anormaux pouvait être utilisée dans la marine.

Le premier groupe de sujets comprenant une population de 517 individus âgés de 15 à 17 ans, en bonne santé, a tout d'abord été examiné, en premier lieu, à l'aide des tables pseudo-

(1) Depuis, la lanterne de Beyne a remplacé la lanterne de Le Méhauté-Guérin.

isochromatiques. Les dyschromatopsies ont été dépistées à l'aide des tables d'Ishihara, édition de 1954. Tout sujet ne commettant, ne fut-ce qu'une erreur, a été examiné plus à fond dans le service d'ophtalmologie de l'hôpital maritime. Ceci nous a permis de dresser les statistiques comparatives que nous verrons plus loin.

Tous les sujets que nous avons examinés avaient une acuité visuelle O.D.G. égale à 1. Cette acuité visuelle était déterminée à l'ortho-rater.

LA MÉTHODE D'EXAMEN

Deux ordres de tests, des tests théoriques (anomaloscope de Nagel, tables pseudo-isochromatiques, dichotomous-test de Farnsworth, série D.15) et des tests pratiques (lanternes chromoptométriques de Le Méhauté-Guérin et de Beyne) furent utilisés au cours de ces examens.

LA TECHNIQUE D'EXAMEN

Etudions, test par test, la méthode d'utilisation que nous avons adoptée au cours de ce travail.

Les tables pseudo-isochromatiques.

Nous en avons utilisé deux modèles : l'atlas d'Ishihara. 10e édition, comprenant 25 planches destinées aux sujets sachant lire (seules planches utilisées ici) et les tables pseudo-isochromatiques de l'American Optical Company (pseudo-isochromatic plates for testing colors perception, American Optical Company, N.-Y., 1940). Ce dernier test sera désigné dans la suite de l'exposé par les sigles : A.O.C.

Ishihara : chaque planche est présentée à son tour au sujet, celui-ci ne manipulera pas lui-même l'atlas, qui sera tenu à environ 50 centimètres du candidat. L'examen est pratiqué à la

lumière du jour, tombant d'une fenêtre donnant au nord-est ou à l'est, la journée étant ensoleillée, et le candidat tournant le dos à la source de lumière.

Au point de vue des réponses que doit donner le candidat, nous avons adopté la formule « célérité » préconisée par Casellato. Chaque planche est présentée au sujet, pendant environ cinq secondes, et chaque fois nous avons exigé une réponse immédiate. Toute réponse était soigneusement enregistrée, et toute erreur corrigée pendant le laps de temps imparti à chaque planche est considérée comme une réponse correcte.

Nous appuyant sur les travaux de Casellato, nous avons décidé de ne pas tenir compte des erreurs commises lors de la lecture de la planche 17, un très grand nombre de sujets, considérés comme normaux, donnant, à la lecture de cette planche, des réponses erronées au cours d'un examen rapide.

A.O.C. : l'emploi et la manipulation de ces tables sont conduits de la même façon que pour l'Ishihara. L'interprétation des erreurs n'est possible que si l'examen est pratiqué sous un éclairage analogue à celui utilisé pour les tables d'Ishihara. Le seul but de l'examen est de dépister les confusions colorées possibles. Ce test ne peut donner qu'une classification basée sur les défectuosités de la vision des couleurs, portant sur les confusions rouge-vert, ou toute autre anomalie. Il n'existe dans ce test aucun moyen de dépister la tritanopie.

Du point de vue des résultats, tous les sujets commettant de zéro à quatre erreurs sont considérés comme ayant un sens chromatique normal, tous ceux qui commettent plus de quatre erreurs sont porteurs d'une anomalie du sens chromatique portant sur la vision du vert et du rouge.

Dichotomous-test de Farnsworth, série D 15.

Ce test a pour but de réaliser une épreuve simple, d'application rapide, mais conçue de telle façon qu'elle ne détecte

que les sujets dont le déficit de la vision des couleurs a une importance fonctionnelle notable.

Il est constitué par une série de quinze pastilles de couleurs différentes et d'une pastille-témoin. Le sujet doit les classer dans l'ordre déterminé par leur couleur. Chaque pastille portant, au dos, un numéro l'ordre, le classement du sujet peut être aisément relevé et reporté sur un graphique dont le tracé permet de connaître immédiatement, par simple inspection, le type de la dyschromatopsie, ou l'existence d'une vision des couleurs normale.

L'examen a été fait dans les mêmes conditions d'éclairement que pour les tables pseudo-isochromatiques, c'est-à-dire à la lumière du jour, par une journée ensoleillée, la source lumineuse étant constituée par une fenêtre orientée au nord-est.

Les lanternes chromoptométriques.

Chromoptomètre de Beyne : au cours de ce travail, nous avons adopté le mode d'emploi proposé par le médecin de première classe Riu, à savoir :

— Adaptation à l'obscurité de dix minutes.

— Epreuve des feux successifs à 5 mètres.

(Au cours de la même épreuve, les feux sont présentés durant un cinquième de seconde sous une diamètre apparent de 2' environ. Chaque feu est présenté deux ou trois fois en insistant particulièrement sur l'alternance feu vert, feu blanc.)

— Epreuve des feux simultanés à 5 mètres.

Chaque feu est présenté pendant environ une seconde. Le diamètre apparent de chacun des feux a été déterminé lors de la construction de l'appareil.

Chromoptomètre de Le Méhauté-Guérin : nous avons adopté un processus analogue à celui employé pour le chromoptomètre de Beyne :

— Adaptation préalable de 10 minutes.

— Epreuve de confusion à 2,50 mètres.

Chacun des huit disques bicolores est présenté, pendant environ une seconde, au candidat qui doit nommer rapidement les couleurs de bas en haut. Une ou deux réponses erronées par disque ne compteront que pour une erreur lors du décompte des réponses erronées.

— Epreuve dite « des trois feux punctuels ».

Pour des raisons de commodité et de rapidité d'examen, nous avons pratiqué cette épreuve à 2,50 mètres au lieu de 5 mètres. Chaque trio de feux est présenté pendant une seconde environ. Le sujet doit nommer immédiatement la couleur de chacun des trois feux à lui présenté, dans le sens qui lui est indiqué (sens de rotation des aiguilles d'une montre, par exemple). En cas de réponses erronées, les erreurs sont décomptées par rapport au trio de feux envisagé. Nous rappellerons que les erreurs commises au cours de cette dernière épreuve ne sont pas rédhibitoires.

DEPISTAGE DE LA DYSCHROMATOPSIE

La dixième édition de l'atlas d'Ishihara a été utilisée comme examen de base. En dehors de toute lecture franchement pathologique, nous avons considéré comme étant suspect de dyschromatopsie, tous les sujets faisant :

Une lecture pathologique de plusieurs planches de confusion avec quelques autres fautes surajoutées ;

Une lecture facile des planches illisibles pour les sujets normaux, lorsque les planches de confusion sont lues partiellement.

La vérification a été faite à l'aide des tables pseudo-isochromatiques A.O.C. (éd. de 1940).

Tout sujet commettant la moindre erreur de confusion est systématiquement examiné à l'anomaloscope de Nagel, modèle II.

Au point de vue décompte d'erreurs :

— Nous n'avons pas tenu compte des erreurs commises lors de la lecture de la planche 17, les sujets normaux donnant fréquemment, lors d'un examen rapide, des réponses erronées.

— Nous n'avons pas enregistré, en tant qu'erreurs, les réponses obtenues sur les planches de sélection (chiffres rouges et pourpres sur fond gris) et sur les planches illisibles pour les sujets normaux, ainsi que le préconise Francois.

DIAGNOSTIC DE LA DYSCHROMATOPSIE

Tous les sujets douteux ou anormaux dépistés à l'aide des tables pseudo-isochromatiques (Ishihara et A.O.C.) ont été soumis au dichotomous-test de Farnsworth, série D. 15, et à l'anomaloscope de Nagel, modèle II. Ce sont essentiellement les résultats donnés par ce dernier appareil dont nous avons tenu compte pour poser le diagnostic de la dyschromatopsie.

Nous avons considéré comme normaux tous les sujets qui, refusant l'égalisation du jaune pur au rouge ou au vert, acceptaient une équation de Rayleigh telle qu'elle donnait un quotient d'anomalie compris entre 0,7 et 1,3 (Francois).

Nous avons considéré comme trichromate anormal, tous les sujets qui, refusant l'égalisation du jaune pur au rouge ou au vert acceptaient une équation de Rayleigh différente de la normale.

Enfin, nous avons considéré comme dichromate, tous les sujets qui acceptaient l'égalisation du jaune pur au rouge ou au vert, même s'ils acceptaient l'équation de Rayleigh.

RESULTATS

I

Nous avons examiné, lors d'une incorporation à l'Ecole des Apprentis Mécaniciens de la Flotte, une promotion de 517 candidats. Parmi cette population de sujets, âgés de 15 à 17 ans, nous avons entrepris de dresser une statistique.

Le dépistage des dyschromatopsies a été effectué à l'aide de l'édition 1954 de l'atlas d'Ishihara. Tous les sujets commettant une erreur au moins, à l'Ishihara, ont été examinés à l'anomaloscope. Nous avons ainsi trouvé 37 sujets anormaux à l'Ishihara, sujets que nous avons examinés plus à fond. Parmi ces 37 anormaux, nous avons trouvé après examen à l'anomaloscope de Nagel, modèle II :

— Trichromates normaux	3
— Trichromates anormaux	27
— Deutéranomaux	24
— Protanomaux	3
— Dichromates	7
Deutéranopes	4
Protanopes	3

Ce qui nous ramène, en fait, à 34 sens chromatiques anormaux sur 517 sujets examinés, soit une proportion de 6.57 % de dyschromatopsies.

Trichromates normaux		93.43
Trichromates anormaux		5.22
Deutéranomaux	4.64	
Protanomaux	0.58	

— Dichromates ..... 1,35 %
— Deutéranopes .... 0,77 %
— Protanopes ..... 0,58 %

Si maintenant nous admettons une classification C, type marine, nous allons trouver, cette classification étant basée sur le couple Ishihara-Le Méhauté-Guérin :

— Dyschromatopsiques ..... 7,15 %
— C 2 ..... 2,72 %
— C 3 ..... 4,43 %

Nous voyons que la statistique globale, au point de vue dyschromatopsique en C, se rapproche beaucoup de la statistique faite à l'anomaloscope de Nagel. Dans le premier cas nous trouvions, en effet, 7,15 % d'anormaux et dans le deuxième 6,57 %, ce qui fait entre les deux une différence de 0,58 %.

II

Au cours de cette partie de notre travail, nous avons recherché quels étaient les dyschromates les plus aptes au service dans la marine. Pour ce faire, nous avons comparé les résultats obtenus avec les tests théoriques d'une part, et d'autre part avec les tests pratiques en usage dans la marine.

Nous avons examiné 143 cas de dyschromatopsies envoyés dans le service pour examens plus approfondis de leur sens chromatique et décision pour aptitude, par leur unité qui avait constaté qu'ils commettaient des erreurs lors de la lecture de l'Ishihara. Tous les sujets que nous avons examinés, au cours de cette partie de notre travail, avaient donc tous commis au cours de la lecture des tables d'Ishihara au moins une erreur.

Nous rappellerons que dans notre décompte d'erreurs nous avons décidé de ne tenir compte que des erreurs commises lors de la lecture des planches de confusion et des planches lisibles pour les seuls sujets normaux. Nous avons volontairement fait abstraction de la planche 17 de la dixième édition de l'Ishihara sur

laquelle, au cours d'une lecture rapide les sujets normaux commettent fréquemment des erreurs.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, la classification des anomalies de la vision des couleurs, constatées chez ces sujets, a été établie à l'aide d'un anomaloscope de Nagel, modèle II. C'est ce dernier examen qui, tout au long de cette étude, nous servira de base de référence.

Nous avons ainsi pu dépister :

— Des trichromates normaux :

— Des trichromates anormaux :

— Des dichromates.

LES TRICHROMATES NORMAUX

Parmi les sujets ainsi testés, nous avons isolé un groupe de vingt individus considérés comme anormaux après lecture des tables pseudo-isochromatiques d'Ishihara. La grande majorité de ces sujets ne commettant qu'une erreur à la lecture de l'Ishihara, seuls deux d'entre eux donnaient un grand nombre

Quotient d'Anomalie	Nombre	Ishihara	A.O.C.	D-15	Le Mehauté		Beyne		C
					Pts.	Conf	Pts	Conf.	
1-1,25	10	1	2	+	0	0	0	0	1 limite
1,3	3	1	3	±	1	0	0	0	
1,3	1	1	0	D	0	0	0	0	
1,25	2	5	9	+	0	0	1	0	2
1,3	2	6	10	±	0	0	0	0	
0,98	1	15	10	D	4	6	2	3	3
1,25	1	15	10	±	2	4	1	2	

Tableau 1. — *Coefficient C des trichromates normaux.*

de réponses erronées. Nous les avons examinés à l'anomaloscope de Nagel et avec les lanternes chromoptométriques de Le Méhauté-Guérin et de Beyne.

Tous ces sujets correspondent à la normale vis-à-vis de l'anomaloscope et, cependant, quatorze d'entre eux se classent C1 limite, quatre C2 et deux sont affectés du coefficient C3. Dans l'ensemble, la grande majorité de cette catégorie de candidats est apte au service dans la marine.

Ceci confirme le fait que même les sujets normaux (à l'anomaloscope) commettent des erreurs aux tables pseudo-isochromatiques, d'où la notion préconisée par Sloan et Habel, d'une tolérance de 20 % environ d'erreurs.

LES TRICHROMATES ANORMAUX

Nous avons, ici, isolé un groupe de soixante-dix-sept sujets classés comme trichromates anormaux par l'anomaloscope, à savoir :

— 63 deutéranomaux ;

— 14 protanomaux.

C'est dans ce groupe de sujets que nous avons observé les variations de coefficient C les plus intéressantes.

Les deutéranomaux (annexe I).

Parmi ceux-ci, nous ne trouvons aucun sujet répondant à la catégorie C1. Par contre, nous trouvons, trente et un sujets répondant à la catégorie C2 et trente-deux qui se classent dans la catégorie C3.

Il ne semble pas qu'il y ait directement concordance entre les résultats donnés par l'anomaloscope et les résultats pratiques. En effet, on trouve dans le groupe des C2, deux cas où le quotient d'anomalie est 4,3 et deux autres cas où il est de 5, alors que parmi le groupe affecté du coefficient C3, nous trou-

vons neuf sujets dont le quotient d'anomalie est compris entre 4,5 et 5,6, donc se rapprochant fortement des quatre derniers du groupe C2.

Dans tous les cas, les résultats donnés par les tables pseudo-isochromatiques concordent parfaitement. Mais nous trouvons des discordances dans les résultats donnés par le dichotomous-test de Farnsworth. En effet, sur les soixante-trois deutéranomaux examinés, nous trouvons : sept réponses ininterprétables, vingt-trois deutéranopes, un protanope, et trente-deux réponses normales.

Si nous comparons dans l'annexe I les résultats donnés par les deux lanternes chromoptométriques, il apparaît entre les résultats un décalage assez net. En effet, nous constatons que les onze derniers sujets classés C2, dont le quotient d'anomalie est compris entre 3,5 et 5, passent dans la catégorie C3. Il semble donc que la lanterne de Beyne soit beaucoup plus sélective, surtout par son épreuve de confusion, que la lanterne de Le Méhauté-Guérin. Elle semble, ainsi que l'avait fait remarquer Riu, arrêter les trichromates anormaux dans une proportion beaucoup plus importante que le chromoptomètre de Le Méhauté-Guérin. Ainsi, parmi les trente et un sujets classés C2 avec la lanterne de Le Méhauté-Guérin, si nous considérons les résultats donnés par la lanterne de Beyne, onze vont passer dans la catégorie C3, et nous remarquerons que ce sont ceux dont le quotient d'anomalie est le plus élevé.

Il faut remarquer cependant que les lanternes de Le Méhauté-Guérin, actuellement en service, ne sont plus exactement conformes aux normes initiales de l'auteur. Cela provient du fait qu'il n'existe pas de caractéristiques physiques précises des verrines colorées.

La concordance des résultats paraît donc meilleure entre l'anomaloscope de Nagel et la lanterne de Beyne, qu'entre l'anomaloscope et le chromoptomètre de Le Méhauté.

Les protanomaux (annexe II).

Par contre, dans le cas des protanomaux, nous constatons après utilisation des tables pseudo-isochromatiques et des épreuves pratiques aux lanternes que les quatorze sujets envisagés se trouvent tous classés dans la catégorie affectée du coefficient C3, sans aucune discussion possible. Nous noterons, pour douze d'entre eux, le grand nombre d'erreurs commises aussi bien à l'Ishihara qu'à l'A.O.C., et qu'aux lanternes chromoptométriques. Là, les résultats pratiques concordent parfaitement avec les résultats théoriques.

Au dichotomous-test de Farnsworth, les résultats sont assez variables. En effet, sur quatorze sujets, nous trouvons : un tritanope, un deutéranope, sept protanopes, une réponse ininterprétable et quatre réussites.

Il semble donc que chez les trichromates anormaux, les résultats donnés par le dichotomous-test de Farnsworth, série D15, soit assez irréguliers, mais, dans l'ensemble, surtout chez les deutéranomaux, la majorité des réponses reste dans la limite des variations prévues.

LES DICHROMATES

L'anomaloscope de Nagel nous a permis de classer comme dichromate un troisième groupe de quarante-six individus, parmi lesquels nous avons trouvé :

— 21 protanopes ;
— 25 deutéranopes.

Les deutéranopes (annexe III).

Tous, sans exception, se rangent dans la catégorie affectée du coefficient C3. Tous font un grand nombre d'erreurs, aussi

bien aux tables pseudo-isochromatiques qu'aux lanternes chromoptométriques. Dans ce cas, les lanternes de Le Méhauté-Guérin et de Beyne donnent des résultats pratiquement équivalents quant à l'importance du nombre d'erreurs commises.

Quant au dichotomous-test de Farnsworth, là-aussi, il donne des résultats variables. En effet, sur vingt-cinq sujets examinés, nous trouvons trois résultats ininterprétables. Les autres concordant parfaitement avec ceux des autres tests.

Les protanopes (annexe III).

Sur les vingt et un sujets examinés, tous ont été classés, sans exception, dans la catégorie C3. Tous font pratiquement les mêmes erreurs que les deutéranopes, aussi bien aux tables pseudo-isochromatiques qu'aux lanternes chromoptométriques. Là encore, le dichotomous-test de Farnsworth nous donne des résultats irréguliers : deux réponses deutéranopes, trois réponses ininterprétables, les seize autres réponses concordant avec les résultats des autres tests.

Il nous faut noter que sur les vingt et un protanopes que nous avons ainsi examinés, dans ce groupe de quarante-quatre sujets, deux acceptaient une équation de Rayleigh donnant un quotient d'anomalie égal à 0,15 pour l'un, et 0,07 pour l'autre. Le dichotomous-test classe le premier comme protanope et le second comme deutéranope. Il semble cependant que l'on ait ici affaire à deux cas de transition entre la protanomalie extrême et la protanopie vraie.

*
* *

A la lueur des examens comparatifs ci-contre, il semble bien que la classification marine par coefficient C étant admise comme base de référence, nous trouvons le fait que les dichromates,

aussi bien les protanopes que les deutéranopes, s'avèrent pratiquement inaptes au service de la marine, sauf peut-être pour certaines spécialités, en nombre assez restreint, n'assurant pas les postes de sécurité (cuisinier, maître d'hôtel, etc.). Par contre, parmi les trichromates anormaux, il semble que, si les protanomaux viennent rejoindre les dichromates quant à leur aptitude, les deutéranomaux paraissent fournir un contingent apte aux spécialités affectées du coefficient C2, où un sens chromatique satisfaisant est seul exigé.

Nous devrons de même constater que les examens pratiqués à la lanterne de Beyne paraissent beaucoup plus rigoureux, tout au moins vis-à-vis des trichromates anormaux, que ceux pratiqués avec le chromoptomètre de Le Méhauté-Guérin. En effet, nous pouvons constater que la lanterne de Beyne paraît éliminer, grâce à son épreuve de confusion, les « cas limites » qui présentaient le grand inconvénient d'être de classification incertaine et difficile.

Ainsi, sur cent quarante-trois individus classés dyschromates après examens aux tests théoriques et pratiques, l'anomaloscope nous donne :

Trichromates normaux		13,98 %
Trichromates anormaux		53,84 %
Deutéranomaux	44,05 %	
Protanomaux	9,70 %	
Dichromates		32,18 %
Deutéranopes	17,48 %	
Protanopes	14,70 %	

Tableau 2.

L'anomaloscope nous donne donc 13,98 % de sujets normaux sur les cent quarante-trois dyschromatopsiques aux tables pseudo-isochromatiques et aux lanternes type marine, ce qui correspond aux données de Sloan et Habel qui préconisent une tolérance de 20 % d'erreurs lors de la lecture des tableaux

	Protan-ope	Protan-omaux	Normaux	Deutéran-omaux	Deutéran-ope
	0		0,7	1,3	∞
1			14		
2			4	31	
3		14	2	32	
	21				25

Tableau 3. — *Coefficient C en fonction du quotient d'anomalie.*

pseudo-isochromatiques. Mais nous pensons qu'une telle tolérance ne doit pas être admise, car si nous examinons le devenir au point de vue professionnel maritime de ces sujets normaux à l'anomaloscope, nous remarquons que sur un total de vingt-quatre sont classés C2 et deux sont classés C3. Donc, six sujets sont dyschromatopsiques. L'anomaloscope seul n'est donc pas suffisant pour classer les sujets testés.

Si nous nous rapportons au tableau 1, on voit que parmi ces six dyschromatopsiques, cinq possèdent un quotient d'anomalie aux limites de la deutéranomalie. Il doit certainement s'agir de formes de transitions entre les trichromates anormaux et les trichromates deutéranomaux. Nous pouvons donc les classer comme deutéranomaux, ce qui nous donne en définitive trente-cinq deutéranomaux classés C2 et trente-trois deutéranomaux classés C3. Donc, environ 50 % des deutéranomaux sont classés sens chromatique satisfaisant.

CONCLUSIONS

1° Notre statistique, effectuée sur cinq cent dix-sept sujets jeunes et en bonne santé, a donné à l'anomaloscope de NAGEL modèle II, le pourcentage suivant de dyschromatopsie :

Trichromates normaux		93,43 %
Trichromates anormaux		5,22 %
Deutéranomaux	4,64 %	
Protanomaux	0,58 %	
Dichromates		1,35 %
Deutéranopes	0,77 %	
Protanopes	0,58 %	

2° Il ressort des différentes épreuves effectuées qu'il n'existe pratiquement pas de différences entre les résultats obtenus aux divers tests théoriques et pratiques en ce qui concerne les dichromates ; par contre, la classification d'aptitude des trichromates anormaux s'avère plus délicate, surtout aux tests pratiques où elle présente des discordances.

3° L'utilisation de l'anomaloscope nous a permis de limiter le problème des trichromates anormaux à *celui des deutéranomaux* ; en effet, les protanomaux sont classés C3 par tous les tests utilisés.

Par contre, le classement des deutéranomaux dépend du type de la lanterne utilisé.

La lanterne de Beyne est plus sélective à ce point de vue que celle de Le Méhauté puisque sur trente et un sujets classés C2 avec la lanterne de Le Méhauté, onze sont classés C3 par la lanterne de Beyne. Il apparaît donc que parmi les dyschromatopsiques seule une certaine proportion de deutéranomaux (environ 50 %) s'avère apte aux spécialités exigeant un sens chromatique satisfaisant C2.

Tous les autres sont classés C3 « daltonien franc » ; nous ferons remarquer ici l'impropriété de ce terme puisque nous trouvons dans cette catégorie, outre des dichromates, des trichromates protanomaux et deutéranomaux.

4° Au point de vue pratique, il apparaît que l'épreuve la plus discriminative est celle pratiquée avec des tests de confusion, dont le mérite revient à Le Méhauté qui, le premier, la réalisa sur son chromoptomètre. La lanterne de Beyne présente une solution élégante et moins empirique de cette épreuve.

Cependant, les conditions de veille à la mer étant autrement plus difficiles que la reconnaissance des feux dans une salle d'examen, il conviendrait de perfectionner cette épreuve de façon à la rendre encore plus sélective vis-à-vis des trichromates deutéranomaux.

L'utilisation d'écrans de brume ne se montre pas plus discriminative.

Il faut donc, tout en conservant le principe de l'égalisation sensorielle réalisé par la lanterne de Beyne, ajouter trois combinaisons de verrines utilisant des longueurs d'ondes confusionnelles. Ce sont les limites extrêmes pour éviter le phénomène de Bezold-Brücke, des couleurs de signaux type « longue portée »

des propositions C.I.E. 1951. Théoriquement, les disques de l'épreuve de confusion devraient avoir les caractéristiques suivantes :

— Blanc-rouge (610 mμ) ;

— Blanc-vert (548 mμ) ;

— Vert (548 mμ)-rouge (610 mμ).

Un tel appareil ne demande qu'à être réalisé et évidemment expérimenté.

ANNEXE

— Seul est indiqué le nombre d'erreurs commises par le sujet. Pour les lanternes chromoptométriques, toutes les erreurs sont ramenées à la triade.

— Pour le dichotomous-test de Farnsworth, série D15, nous avons utilisé les abréviations suivantes :

D : deutéranope ;

P : protanope ;

+ : réussite ;

± : réponse ininterprétable.

Pour le Le Méhauté-Guérin (annexe II), 5 × 3, par exemple, signifie que trois sujets commettent cinq erreurs.

Quotient d'Anomalie	Nombre	Ishihara	A.O.C.	A-15	Le Mehauté		Beyne		C
					Prs	Conf.	Prs	Conf.	
1,31-1,4	5	2	5	+	0	0	0	0	
1,5-2,2	14	7	8	7 + 4 D 3 ±	1	0	0	0	2
2,3	1	2	0	+	0	0	0	1	
3,5	7	5	8	+	1	0	0	2	
4,3	2	3	9	+	0	0	1	2	
5	2	8	10	±	0	0	1	2	
1,32-1,75	8	7	10	D	5	4	2	3	
1,95-2,3	6	8	12	P 3 D 2 +	6	4	2	2	
2,6	1	6	8	+	6	7	1	2	3
3,2-3,7	8	9	12	3 D 3 + 2 ±	6	4	1	3	
4,5-5,6	9	8	13	5 D 4 +	6	6	2	3	

Annexe I : Coefficient C des deutéranomaux.

Quotient d'Anomalie	Nombre	Ishihara	A.O.C	A-15	Le Mehauté		Beyne		C
					Prs	conf.	Prs	Conf	
0,67	6	10	11	T D 4P	5x3 0x3	5x3 0x3	2	3	
0,60	2	5	4	+	0	2	0	3	3
0,45	4	12	12	3 P ±	8	5	0	1	
0,38	2	12	12	+	7	5	3	3	

Annexe II : Coefficient C des protanomaux.

P	2	14	13	D	3	8	2	3	3
	3	14	12	±	7	5	3	3	
	10	12	13	P	8	8	2	3	
	6	8	16	P	8	6	1	3	
D	1	16	10	±	4	3	1	1	3
	3	8		D	8	7	1	3	
	6	14		D	7	5	2	3	
	2	12	15	±	4	2	2	3	
	13			D	6	5	2	3	

Annexe III : Coefficient C des dichromates.

SERMENT

En présence des Maîtres de cette Ecole, de mes Condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'Honneur et de la Probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Reconnaissant envers mes Maîtres, je tiendrai leurs enfants et ceux de mes Confrères pour des frères, et s'ils devaient apprendre la Médecine ou recourir à mes soins, je les instruirais et les soignerais sans salaire ni engagement.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honoré à jamais parmi les hommes, si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.

Vu : Le Doyen : R. SIGALAS.

Vu : Le Président du Jury
BESSIERE.

Vu et permis d'imprimer,
Bordeaux, le 14 novembre 1957
Le Recteur :
E. DELAGE

BIBLIOGRAPHIE

Abeney (J.). — Researches in colour vision (Longmans Green), London, 1913.

Baron (J.), Cabau (A.) et Parmentier-Baloux (M.). — Application du test de Farnworth 100-Hue dans l'examen de la vision colorée. *Presse méd.*, 1956, 24, 561-562.

Beyne (J.). — L'aptitude à percevoir les signaux colorés. *Clinique ophtalmol.*, 1956, 3, 2-8.

Bickerton (W.). — Colour blindness and defective eyesight in officers and sailors. Edimbourg, 1890.

Blum (P.) et Shaaf (E.). — Le daltonisme. (Masson, édit.), Paris, 1929.

Bernardie (Ch. Bondet de la). — Examen du sens chromatique dans la marine (notes du médecin en chef de 2e classe Bondet de la Bernardie à l'Ecole d'application du Service de santé de la Marine).

Casellato (L.). — Cli. Oculist. Univ. di Milano : Uso dell'Anomaloscopi di Nagel modello II per classificari ideffettosi per il rosso-verde in tri gruppi secondo l'entita del defetto della discriminazione spettrale. *Ann. Ottal.*, 1956, 86, 2, 99-103.

— Cli. Oculist. Univ. di Milano : Metodo rapido per il riconocismente dei diffetosi per il rosso-verde nelle scuoli. *Ann. Ottal.*, 1956, 86, 2, 73-78.

Césarini (A.). — De la vision des couleurs et de la dyschromatopsie. Thèse pharmacie, Alger, 1924.

Collins (M.-R.). — The Rayleigh colour equation with rotating discs. *British Journ. of Physiology*, XIX, 4, 1929, 387-392.

— Tests in common use for diagnosis of colour defect. *Nature*, London, 1929.

Crawford (A.). — Dept. of Psychol. Univ. of Liverpool : The Dvorine pseudo-isochromatic plates. *Brit. P. Psychol.*, 1955, 46, 2, 139-143.

Creyssel (R.), Bonnet (J.-L.) et Matray (F.). — Les mécanismes biochimiques de la vision, *Rev. lyonnaise de méd.*, 1954, 823-835.

Edridge Green. — Tests for Colour Vision. *Brit. Med. J.*, 1930.

François (J.), Verriest (G.), Mortier (V.) et Vanderdonck (R.). — Fréquence des dyschromatopsies congénitales chez l'homme. *Ann. d'oc.*, 1957, 5-16.

François (J.) et Verriest (G.). — La détection à l'aide des tests de Farnworth des dyschromatopsies acquises dans les dégénérescences tapétorétiniennes, *Bull. S. O. Belge*, 1956, 113, 381-398.

Genning (Y.). — La valeur des tables pseudo-isochromatiques pour découvrir la cécité des couleurs. *Am. J. O.*, 1931.

Gougerot (L.). — Le daltonisme. *Journ. du praticien*, 1951, 437-444.

— Une nouvelle théorie de la vision des couleurs : la théorie des trois couches. *Revue du Praticien*, 1954, 2235-2236.

Holmgreen. — De la cécité des couleurs dans ses rapports avec les chemins de fer et la marine. (Masson, édit.), Paris, 1877 (traduit du suédois).

Judd (D.). — Facts of color blindness. *J. of the opt. Soc.*, 1943, 33, 297.

Kherumian (R.), Baudry (C.), Lacorne (J.) et Moullec (J.). — La fréquence des dyschromatopies en France. *Press. méd.*, 1956, 14, 330-304.

Ladd Franklin. — Colors and color theories. New York, 1929.

Lapersonne (F.). — Rapport sur l'examen de la vision des employés des chemins de fer de l'Etat. *Bull. acad. de méd.*, 1926, 84-90.

LAROCHE (J.). — Sur un nouvel anomaloscope destiné à l'étude de la vision des couleurs. *Acad. de pharm.*, Paris, mai 1956.

DORZE (J. Le). — Colorimétrie. Influence des filtres colorés sur les anomalies de la vision des couleurs. Thèse Paris, 1952.

LÉOPOLD (A.). — Troubles du sens chromatique. Conférences lyonnaises d'ophtalmologie. Suppl. à la série X, 1954.

MÉHAUTÉ (Le). — Instruction définitive pour l'examen de l'acuité visuelle et du sens chromatique à l'aide du chromo-optomètre de Le Méhauté. *Arch. de méd. navale*, 1908, 89, 313-320.

MARET (F.). — Etude critique des différentes méthodes employées pour la recherche du daltonisme. Thèse Strasbourg, 1929.

ONFRAY (R.). — Appareils de signalisation des chemins de fer de l'Etat. *Ann. d'oc.*, 1926, 212-213.

ONFRAY (R.) et PETIT (P.). — Chromatisme et sécurité. *Ann. d'oc.*, mars 1935, 213-221.

PICAMOLES (R.). — Daltonisme et aviation : étude critique des méthodes d'examen (tableaux pseudo-isochromatiques). Thèse Alger, 1944.

POLACK (A.). — Sur les anomalies de la vision des couleurs. *C. R. Ac. Sc.*, 1933.

— La vision des couleurs et ses anomalies. *Ann. d'oc.*, avril 1934, 289-311.

— Anomalies de la vision des couleurs, *in Traité d'ophtalmol.* (Masson, édit.), Paris, 1939, 339-396.

REIMS (A.). — L'acuité visuelle et la perception des couleurs des employés des chemins de fer. *Am. J. O.*, 1927, 107-113.

RIU (R.). — Problème de la perception des signaux colorés et du daltonisme dans la marine, *Rev. de méd. navale*, IX, 2, 1955, 103-135, et XI, 1, 1956, 7-35.

SÉGAL (J.). — Eléments d'une théorie de la vision des couleurs. *Ann. d'oc.*, mars-avril 1951, fasc. 3 et 4.

— Le mécanisme de la vision des couleurs. (Doin, édit.), Paris, 1953.

Shaaf (E.). — L'examen du sens chromatique dans le service des chemins de fer. *Bull. ac. de méd.*, 1925, 952-955.

— La vision chromatique du daltonien. *C.R.S.F.O.*, 1926.

Sloan (L.) and Habel (A.). — Wilmer Ophtalmol. Inst. John Hopkins Univ. and Hosp. Baltimore M.D. : Tests for color deficiency based on the pseudo-isochromatic principle (a comparative study of several new tests). *Arch. ophtal. Chicago*, 1956, 55, 2, 229-239.

— Wilmer Ophtalmol. Int. John Hopkins Univ. and Hosp. Baltimore M.D. : Color signal system for the red-green blind. An experimental test of the three colors signal system proposed by Judd. *J. Opt. Amer.*, 1955, 45, 8, 592-598.

Viguier (P.). — Remarques sur la façon d'examiner le sens chromatique au point de vue du service dans la marine. *Arch. de méd. navale*, 1909, 92, 81-95.

Willmer (E.-N.). — Cambridge : A physiological basis for human colour vision in the central fovéa. *Docum. ophtal.*, 1955, 9, 2, 235-313.

Yver et Barrat. — Le daltonisme dans la marine (notes du médecin en chef de 2e classe Yver et du médecin principal Barrat. Bureau technique D.C.S.S.A.). *Arch. de méd. et pharm. navale*, 1936.

NOTICES TECHNIQUES

« Aptitude physique au service dans la marine », notice 29, *B.O.M.*, 1941.

« Examen du sens chromatique dans l'aviation », secrétariat d'Etat aux Forces armées Air, déc. 1948.

« Instruction Générale I.G. 8810 concernant les feux de navigation et de mouillage », secrétariat d'Etat à la Marine.

« Medical Research Council : Colour vision requirement in the Royal Navy. » Report of the committee upon the physiology of vision, London, 1933.

FARNWORTH (D.). — Dichotomous-test for color blindness Panel-D 15. (The Physiological Corporation), N.-Y., 1947.

— The Farnworth-Munsell 100-Hues test for the examination of color discrimination. (Munsell Color Co), Baltimore, 1949.

— The Farnworth Lantern for testing color perception. *Medecine*, February 7, 1955.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

Introduction 11

PREMIERE PARTIE

Sens chromatique et marine 15

Le sens chromatique normal. La couleur 27

Dyschromatopsies congénitales. Leurs rapports avec la marine 37

Les lanternes chromoptométriques type marine utilisées en France 51

DEUXIEME PARTIE

La méthode d'examen 59

Conclusions 73

Annexe 77

Bibliographie 81